

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Забезпечення точності і зносні вироблення осових
(вказати тему дипломного проекту (роботи))
 механізмів високшвидкісним прегеруванням
 Студент (ка) Ошмаріна Тамара Валентівна

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код, найменування спеціальності)

Обсяг проекту новий

Кількість аркушів креслень 12,5

Кількість сторінок пояснювальної записки 157

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень 1. Тематичні на часини 2. Комп'ютерна часини 3. Автоматизація шпирних операцій 4. Розрахунок деталі на міцність 5. Списання завдання. Забезпечення точності і зносні вироблення осових механізмів абіаційним обробкою 6. Оцінка оцінювання економічної ер. розробки або замов'я 7. Оцінка приці

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню
Виконана робота відповідає завданню

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи), рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим методам роботи

Кожний розділ роботи відповідає передовим методам роботи

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)
не виявлені

д) позитивні особливості наведені методи автоматизації і механізації списарних режимів

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи)

Пояснювальна записка та

[10:05:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №632 [3] (200032 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[10:05:45] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №637 [3] (200032 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[10:06:03] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №642 [3] (200032 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[10:06:18] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №647 [3] (200032 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[10:06:36] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №652 [3] (200016 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[10:07:01] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №657 [3] (200016 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[10:07:44] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №662 [3] (200032 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[10:08:04] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №667 [3] (200031 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[10:08:58] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №672 [3] (200029 миллисек.): Yandex (
Время ожидания операции истекло)

[10:08:59] Тип проверки: *Стандартная*

[10:08:59] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена
некорректно! (Обнаружено ошибок: 25%)**

[10:08:59] **Уникальность текста 78%^o (Проигнорировано подстановок: 0%)**

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Ошмаріної Н.В.,
провів зав. навч. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

03.12.2019р.



Форма № 24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технології машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ І ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ
ОСЬОВИХ МОНОКОЛІС ВИСОКОШВИДКІСНИМ ФРЕЗЕРУВАННЯМ

Виконав: студент(ка) II курсу, групи Мз-118м

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

Ошмарина Н.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Логомінов В.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Кононов В.В.

(прізвище та ініціали)


20 19

Форма № 25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повна вищою освіта) (заклад вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технології машинобудування
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 131 Підприємство механіка
(код і назва спеціальності)
 Освітня програма (спеціалізація) технології машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Т.ШБ

 « 05 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Ошиаріна Наталія Василівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Забудовання точності і швидкості висотоміря
 механічного автоматичного висотомірювального пристрою
 висхідно

керівник проекту (роботи) Копалиць В.О., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » 11 2019 року № 417

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 5 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі «Автоматич»,
 різна програма висотоміру № 320 мех

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) технологічна карта, конструкторська схема, заходи по автоматизації, складання з'єднання; розрахунок сил на механізми; розрахунок економичної діяльності; розділ оцінки вартості

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) креслення деталі; креслення з'єднання; маршрут висотоміря деталі; креслення робочого креслобудування; креслення чотирьох привертальників механічного висотомірювального пристрою; механізм автоматизації; механізм висотомірювального пристрою; механізм висотомірювального пристрою; механізм висотомірювального пристрою

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

2

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Планш, дата	
		завдання видав	пройшло виконання завдання
1,2,3,4,5,6	Молошніков В.О., доц. каф. ТМБ	04.02.2019	29.11.19
конструктор	Семішанко Ф.В., стар. інж. каф. ТМБ	04.02.2019	04.12.2019
Професор	Шемурис В.І., доц. каф. ОП та НС	ВКС 4.10.19	ВКС 29.11.19
праці			

7. Дата видачі завдання « 04 » лютого 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Пройшло
1	Титульний аркуш	05.03.2019	
2	Змістовий аркуш	21.04.2019	
3	Оформлення вступної частини	30.05.2019	
4	Оформлення деталей на з'ясування	15.06.2019	
5	Виконання. Забезпечення можливості і способів виконання окремих моментів	30.06.2019	
6	Оформлення вступної частини	21.07.2019	
7	Оформлення праці	18.10.2019	

Студент(ка)

Майд
(підпис)

Ошмарина Н.В.
(підпис та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

Майд
(підпис)

Молошніков В.О.
(підпис та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 157 с., 76 рис., 8 табл., 2 додатки, 54 джерела.

Об'єкт дослідження – моноколесо компресора низького тиску двигуна Д-27.

Мета роботи – забезпечення точності і якості виготовлення моноколеса двигуна Д-27.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення деталі, вибрано і економічно обгрунтовано метод отримання заготовки, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, норми часу, спроектовані три операції на верстатах з числовим програмним керуванням, спроектовано робоче та контрольне пристосування, розглянуті методи автоматизації в операціях технологічного процесу, виконане спеціальне завдання на тему забезпечення якості і точності виготовлення осьових моноколіс вискошвидкісним фрезеруванням, деталь розрахована на міцність, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

МОНОКОЛЕСО, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,
ВИСКОШВИДКІСНЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ,
НОРМУВАННЯ, NX CAM, ПРИСТОСУВАННЯ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГТД	Газотурбінний двигун
КГШП	Кривошипно-горячештампвальний прес
МОП	Маршрут обробки поверхні
КП	Керуюча програма
ВШФ	Високошвидкісне фрезерування
ППТК	Послідовність показників точності і якості
МОР	Мастильно-охолоджуюча рідина
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес
ТВ	Технічні вимоги
ХТО	Хіміко-термічна обробка

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	10
1 Технологічна частина.....	11
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	11
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	14
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	15
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	20
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	20
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	23
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	28
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	28
1.6 Розрахунок режимів різання.....	36
1.6.1 Операція 015 – Токарна.....	36
1.6.2 Операція 265 – Радіально-свердлильна з ЧПК.....	40
1.6.3 Операція 105 – Фрезерна.....	42
1.6.4 Операція 230 – Токарна з ЧПК.....	45
1.7 Технічне нормування операцій.....	53
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК.....	58
1.8.1 Розробка токарної операції.....	58
1.8.2 Розробка свердлильної операції.....	64
1.8.3 Розробка фрезерної операції.....	67
2 Конструкторська частина.....	70
2.1 Проектування робочого пристосування.....	70
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	70
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність.....	71
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску.....	73
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	76
3 Автоматизація слюсарних операцій.....	77
3.1 Вібраційна обробка.....	78
3.2 Відцентрово-ротаційна обробка.....	83

	9
3.2 Струменево-абразивна обробка	86
3.3 Висновки	94
4 Розрахунок деталі на міцність	95
5 Спеціальне завдання. Забезпечення точності і якості виготовлення осьових моноколів авіаційних двигунів.....	100
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів	122
7 Охорона праці.....	127
7.1 Аналіз потенційних небезпек	127
7.2 Заходи по забезпеченню безпеки	129
7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	134
7.4 Заходи з пожежної безпеки	142
7.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	144
Висновок.....	150
Перелік посилань	151

ВСТУП

При переході машинобудівного виробництва в ринкову економіку перед ним постають безліч різних завдань і питань, які потребують негайного і правильного їх вирішення.

Зростаюча конкуренція серед виробників продукції вимагає в мінімальні терміни, максимальної якості з найменшою собівартістю обробки виробу.

Собівартість виробу в значній мірі залежить від використання прогресивних технологічних процесів на виробництві продукції, застосування відповідно прогресивного технологічного обладнання та скорочення тривалості виробничого циклу і виготовлення деталі.

Все вищевказане відноситься також до виготовлення деталей авіаційних двигунів. При цьому, як правило, деталі авіаційних двигунів виготовляються з матеріалів з особливими властивостями, і, тому вони часто є важкооброблюваними. Тому актуальним завданням є забезпечення необхідної якості обробки деталей з одночасним зниженням їх собівартості.

Метою магістерської роботи є забезпечення точності і якості обробки моноколів авіаційних двигунів. Для цього треба вирішити наступні завдання; визначити спосіб отримання заготовки, розрахувати припуски, режими різання, призначити обладнання, різальний інструмент, що забезпечить підвищену ефективність виготовлення цих відповідальних деталей авіаційних двигунів.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Двигун Д-27 працює спільно з дворядним гвинтовентилятором, що входять до складу силової установки літака Ан-70. Виконаний за трьохвальною схемою і складається з високоефективного двохкаскадного газогенератора, до складу якого входять такі вузли:

- п'ятиступінчастий компресор низького тиску (КНТ);
- осьовідцентровий компресор високого тиску (КВТ);
- малогабаритна високотемпературна кільцева камера згоряння;
- одноступенева турбіна високого тиску (ТВТ);
- одноступенева турбіна низького тиску (ТНТ)
- привід вентилятора, що включає чотиріступінчасту турбіну, валопровід і планетарний редуктор.

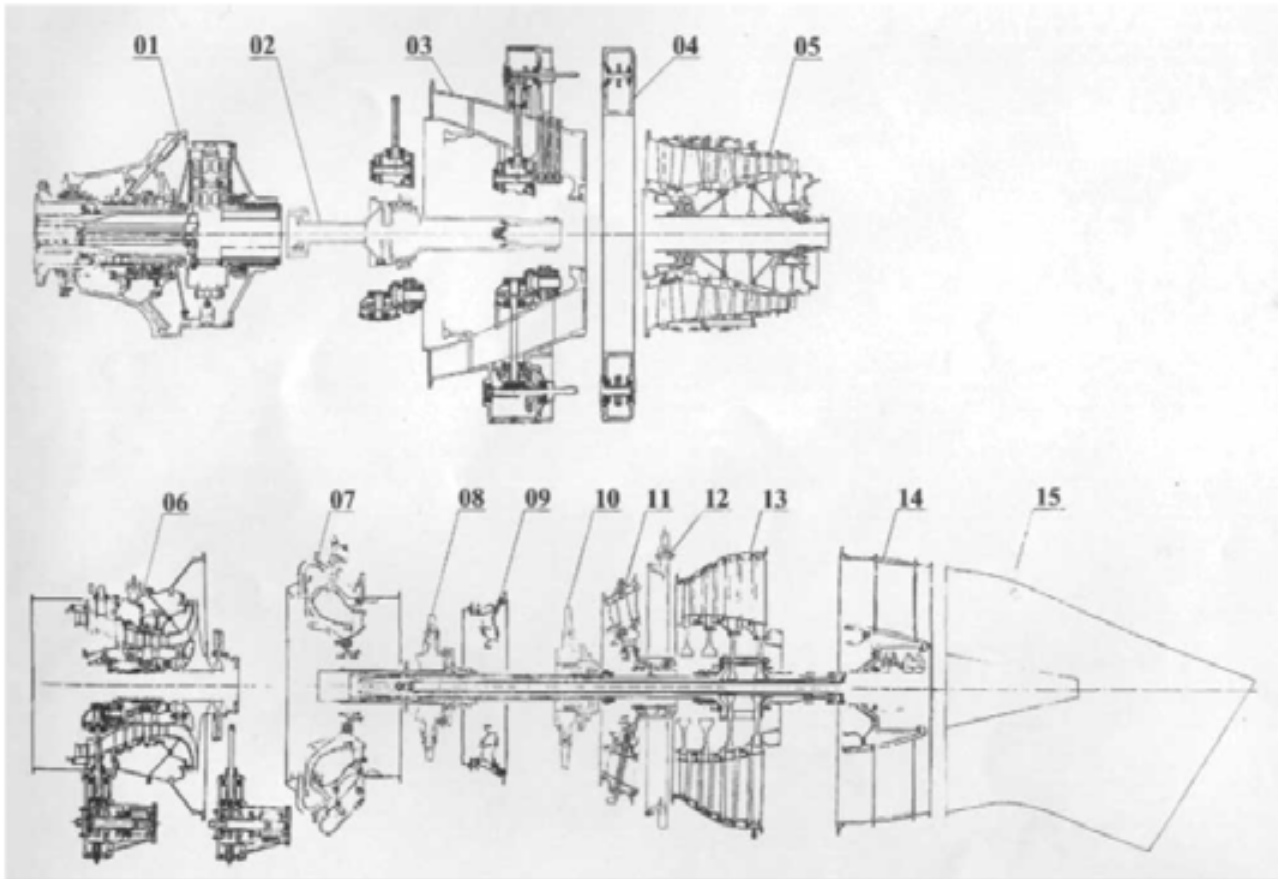
Модульна схема компоновки двигуна Д-27 представлена на рис. 1.1 [1, с. 14].

КНТ включає в себе моноколеса першого і другого ступенів, колеса третьої, четвертої та п'ятої ступенів, що складаються з дисків і окремо виготовлених лопаток.

Для забезпечення мінімального міделю (перетину) двигуна і проходження необхідного розміру валопровода через внутрішній діаметр компресора, колеса першого і другого ступенів виконують за схемою моноколеса, тобто лопатки і диск виготовляють з цільної заготовки.

Моноколесо першого ступеня виготовлено з штамповки І групи контролю за спеціальними технічними умовами.

Колесо першого ступеня КНД має 21 лопатку, які працюють в надзвуковому режимі. Надзвуковий режим забезпечує турбіна низького тиску, яка обертається зі швидкістю 12000 об / хв.



01 – редуктор; 02 – валопровід; 03 – корпус передній; 04 – коробка приводів; 05 – КНТ; 06 – головний модуль двигуна; 07 – камера згоряння; 08 – ротор ТВТ; 09 – сопловий апарат; 10 – ротор ТНТ; 11 – корпус опор; 12 – кільце; 13 – турбіна вентилятора; 14 – корпус задній; 15 – вихідний пристрій

Рисунок 1.1 – Модульна схема компонування двигуна Д-27

У передній частині колеса є фланець, до якого через 21 отвір кріпиться ущільнення до вхідного направляючої апарату.

На задній частині колеса розташовують ущільнення між напрямним апаратом другого ступеня і колесом першого ступеня, а також фланець, через який за допомогою 21 болта колесо кріпиться до валу КНТ.

Ескіз деталі з нумерацією поверхонь показаний на малюнку 1.2.

Матеріал моноколеса I ступені КНД – титановий сплав ВТ8, який відносять до двофазних сплавів, що складається з суміші α та β -фаз, де α -фаза зберігається в певних кількостях при 20°C . Ці сплави містять як α - так і β -стабілізатори; α -стабілізатори забезпечують зміцнення α -фази, так як найбільш розчиняються в ній; β -стабілізатори призначені для збереження метастабільною

β -фази при 20 °С і сприяють зміцненню сплаву при термічній обробці за рахунок часткового розпаду нестабільної надлишкової фази.

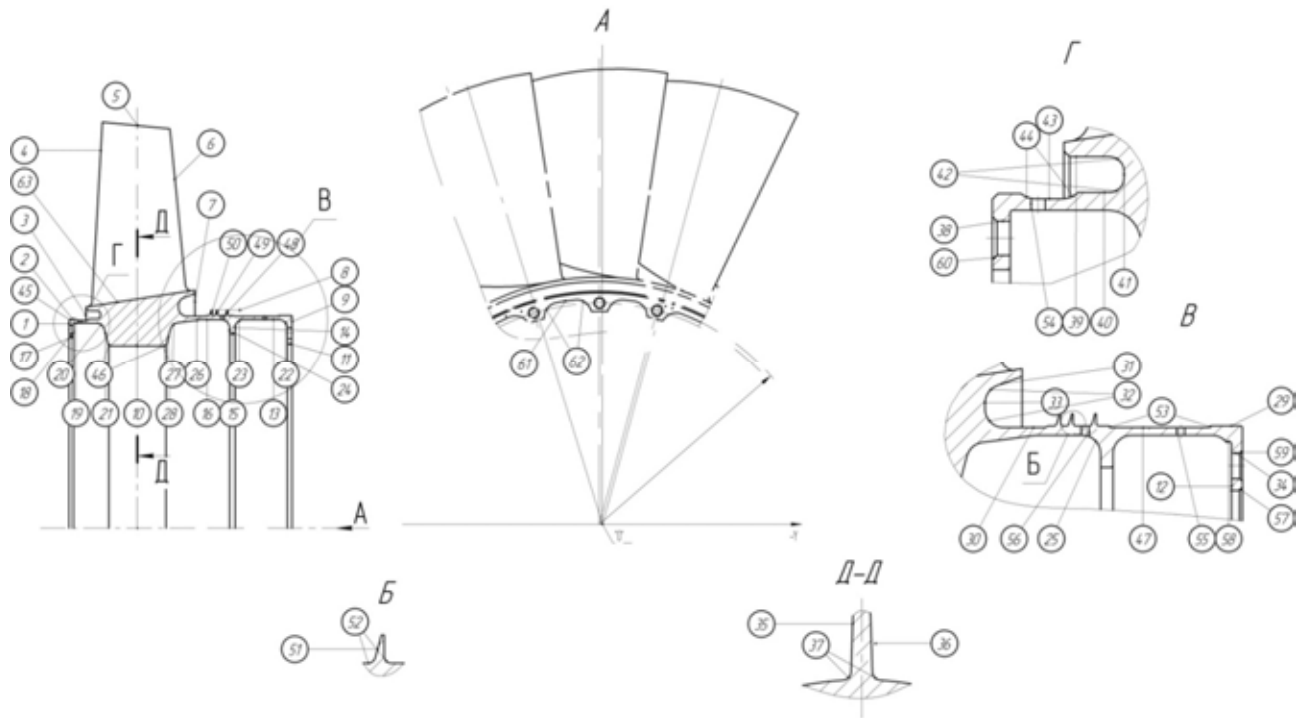


Рисунок 1.2 – Ескіз моноколеса першого ступеня КНТ з нумерацією поверхонь

В якості α -стабілізатора в ВТ8 застосовують алюміній, який не тільки істотно зміцнює α -фазу при кімнатній і підвищених температурах, а й збільшує термічну стабільність β -фази. Це показує, що алюміній є найважливішим легуючим елементом цього сплаву титану.

ВТ8, як і інші двофазні $\alpha + \beta$ -сплави, має найбільш сприятливе поєднання механічних і технологічних властивостей, ніж інші сплави титану, тому він отримав досить широке поширення. Так, він добре обробляється тиском; має більш високу міцність і тепломіцність при задовільній пластичності, ніж сплави мартенситного типу або сплави з α -структурою, але володіє гіршою зварюваністю.

Хімічний склад сплаву ВТ8 наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад титанового сплаву ВТ8

Al	Cr	Mo	V	Si
5,8-6,8	-	2,8-5,8	-	0,2-0,35

Фізико-механічні властивості матеріалу наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Фізико-хімічні властивості титанового сплаву BT8

Марка сплаву	σ_B , МН/м ²	$\sigma_{0,2}$, МН/м ²	δ , %	E , ГН/м ²	σ_{-1} , МН/м ²	D , кг/м ³	λ , Вт/м град	НВ, МН/м ²
BT8	1050- 1180	950- 1100	9-15	110	>500	4470	7.0	3100-3500

Сплав зміцнюється термічною обробкою (відпалом). Після термічної обробки: витримка 1 година при 880 ± 10 °С, охолодження на повітрі до 590 °С, витримка 1 година і потім повне охолодження на повітрі. Сплав корозійностійкий, добре зварюється лише контактним зварюванням, не стає крихким при витримці до 600 °С при 500 °С. Тому сплав може довго працювати при нагріванні до 500 °С і короткочасно-до більш високих температур [2, стор. 72-77].

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Одним з найбільш важливих факторів, що впливають на проектування технологічного процесу (ТП), є тип виробництва. Від нього також залежить і форма організації виробництва.

Тип виробництва визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску виробів: одиничне, серійне, масове. Форма організації виробництва визначається за ознакою рівня спеціалізації робочих місць: потокова, не потокова, групова.

Тип виробництва попередньо визначають на початковій стадії розробки технологічного процесу в залежності від річного обсягу випуску і маси деталі по табл. 1.3 [3].

Таким чином, для моноколеса першого ступеня КНД масою $m = 14,9$ кг та річною програмою випуску $N = 320$ шт/рік попередньо слід вибрати серійний тип виробництва.

Таблиця 1.3 – Таблиця для попереднього визначення типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік, штук		
	Важкі, масою більш 100 кг.	Середні, масою 10-100 кг.	Легкі, масою до 10 кг.
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійне	5-100	10-200	100-500
Серійне	100-300	200-500	500-5000
Багатосерійне	300-1000	500-5000	5000-50000
Масове	більше 1000	більше 5000	більше 50000

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Титан і його сплави можуть бути оброблені тиском, особливо в гарячому стані, всіма відомими способами. Опір їх деформування вище, ніж, наприклад, у сплавів алюмінію і міді, конструкційних сталей. Це обумовлено особливостями механічних властивостей. Так, сплави титану мають високі значення σ_B та $\sigma_{0,2}$ і тому вимагають застосування для їх деформування великих зусиль і, як наслідок, потужного устаткування. Велике відношення $\sigma_{0,2} / \sigma_B$ і мала різниця між значеннями σ_B і $\sigma_{0,2}$ показують, що сплави титану мають порівняно вузький діапазон пластичного деформування (стан плинності настає лише при напружених, близьких до σ_B) і, отже, низьку здатність пластично деформуватися в холодному стані (див. табл. 1.2)

Здатність до пластичної деформації титану і його сплавів багато в чому залежить від їх алотропічного стану. Метал, що має структуру з гексагональною ґраткою (α -модифікація), при низьких температурах має обмежене число площин ковзання, що ускладнює пластичну деформацію. З підвищенням температури число площин ковзання в гексагональній решітці збільшується, що помітно підвищує пластичну деформацію титану і його сплавів. Особливо високу пластичність вони набувають при нагріванні вище 850 °С в області β -фази, коли структура металу має об'ємно-центровану ґратку.

Отже, сплави титану, як правило, мають обмежену технологічну пластичність при низьких температурах і дуже велику – при високих. Тому обробка тиском сплавів титану проводиться в основному в гарячому стані в інтервалі 120-600 °С. При цьому заготовки нагрівають в середовищі аргону, гелію або іноді в окислювальному середовищі. Нагрівання заготовок і процес обробки ведуть по можливості прискореними методами.

Технологічна пластичність титану зменшується зі збільшенням ступеня його легування. Наприклад, технічний титан ВТ1 найбільш пластичний і найменш міцний в широкому інтервалі температур (600-1200 °С), а для сплавів ВТ3, ВТ3-1, ВТ4, ВТ5, ВТ6 і ВТ8 цей інтервал звужується (800-1200 С) [2, 72-77].

Колесо першого ступеня КНТ виготовляють штампуванням в інтервалі температур близько 800-1000 °С. При нагріванні $\alpha + \beta$ -сплаву до β -області вони швидко окислюються; у них інтенсивно ростуть зерна. При штампуванні сплаву нижче 750 °С відбувається їх зміцнення і підвищується крихкість, що обумовлено наклепом.

Як устаткування в даному випадку може бути використаний кривошипний гарячештампвальний прес (КГШП) або горизонтально-кувальна машина (ГКМ).

КГШП – вид обладнання, який відрізняється найвищою продуктивністю і тим, що можна штампувати заготовки складних форм. Максимальна маса штампування 100-200 кг.

ГКМ використовуються для середніх і великих деталей великої маси. Має досить високу продуктивність, але невелику більшу точність.

Для правильного вибору обладнання проведемо економічне обґрунтування методу отримання заготовки, при цьому використовуємо три критерії економічної доцільності:

- коефіцієнт використання заготовки, η ;
- собівартість виготовлення заготовки, C_3 ;
- сумарні витрати на виготовлення заготовки і на її механічну обробку на етапі чорнової обробки, C_Σ .

Вихідні дані для розрахунків:

- маса деталі – 15 кг;
- маса заготовки (рис. 1.3), що отримується на ГКМ – 124 кг [4];
- маса заготовки (рис. 1.4), що отримується на КГШП – 120 кг [4];

Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо за формулою:

$$\text{КВМ} = \frac{q}{Q}, \quad (1.1)$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса деталі, кг.

Коефіцієнт використання матеріалу для заготовки, що отримується на ГКМ:

$$\text{КВМ} = \frac{15}{124} = 0,12.$$

Коефіцієнт використання матеріалу для заготовки, що отримується на ГКМ:

$$\text{КВМ} = \frac{15}{120} = 0,13.$$

Вартість однієї заготовки розраховуємо за формулою:

$$B_3 = \frac{B_B}{1000} M_3 \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_3 \cdot K_{II} - (M_3 - M_D) \frac{B_{\text{відх}}}{1000}, \quad (1.2)$$

де M_3, M_D – маса заготовки і готової деталі;

B_B – базова собівартість виготовлення заготовок, грн.;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_3 – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

K_{II} – коефіцієнт, що враховує програму випуску заготовки;

$B_{\text{відх}}$ – вартість відходів (стружка).

Дані для розрахунку вартості однієї заготовки наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Порівняльні показники для двох варіантів заготовок

Показники	Позначення	Од. вим.	Варіант	
			Штамповка на ГКМ	Штамповка на КГШП
Маса деталі	q	кг	15	
Маса заготовки	Q	кг	124	120
Коефіцієнт використання матеріалу	η		0,12	0,13
Ціна тонни заготовок	B_B	грн	27124	26169
Коефіцієнти	K_T		1,1	1,1
	K_M		1,0	1,0
	K_C		0,4	0,4
	K_3		1,12	1,12
	K_{II}		1,23	1,23
Ціна за тонну стружки	$B_{відх}$	грн	102	102
Вартість однієї заготовки	B_3	грн	2027,57	1892,75

За формулою (1.2) для штамповки на ГКМ отримуємо:

$$B_{31} = \frac{27124}{1000} \cdot 124 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,4 \cdot 1,12 \cdot 1,23 - (124 - 15) \frac{102}{1000} = 2028 \text{ грн}$$

За формулою (1.2) для штампування на КГШП отримуємо

$$B_{32} = \frac{26169}{1000} \cdot 120 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,4 \cdot 1,12 \cdot 1,23 - (120 - 15) \frac{102}{1000} = 1893 \text{ грн}$$

Оскільки собівартість заготовки, що отримується штампування на ГКМ вище, ніж заготовки, що отримується штампування на КГШП, а коефіцієнт використання матеріалу більше у КГШП, ніж у штампування на ГКР, то в якості методу отримання заготовки вибираю штампування на КГШП.

Економічний ефект від використання заготовки - штампування на КГШП (річна економія):

$$E = (B_{31} - B_{32}) \cdot N, \quad (1.3)$$

де N – річна програма випуску.

Таким чином, річна економія дорівнює:

$$E = (2027,57 - 1892,75) \cdot 320 = 43142 \text{ грн.}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Технологічність конструкції деталі – це сукупність властивостей, які проявляються в можливості досягнення оптимальних витрат праці, коштів, матеріалів і часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті в порівнянні з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того ж призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості та прийнятих умов виготовлення, експлуатації та ремонту [4].

Аналіз технологічності конструкції роблять з метою комплексної оцінки можливості і доцільності виробництва деталі запропонованої конструкції. У разі якщо в результаті проведеного аналізу конструкція виявляється нетехнологічною, то конструкцію деталі необхідно доопрацювати.

Аналіз деталі на технологічність за допомогою якісних ознак включає в себе наступні критерії.

Матеріал деталі – титановий сплав ВТ-8. Він належить до XIII групи («Сплави на титановій основі») матеріалів в залежності від оброблюваності. Оброблюваність даного матеріалу характеризується їх малою пластичністю, високою хімічною активністю при різанні і низькою теплопровідністю.

Заготовка - штамповка не має великого перепаду розмірів циліндричних поверхонь і досить проста у виготовленні.

Поверхні деталі складні і потребують додаткового оснащення для їх обробки.

На більшості операцій принципи єдності і сталості баз дотримуються.

Деталь нежорстка і потребує встановлення додаткових опор.

Багато інструментальна обробка поверхонь небажана.

При обробці елементів конструкції деталі (лопаток) необхідно використовувати спеціальний інструмент – сферичні фрези.

Найвищий квалітет точності – 6.

Розміри проставлені технологічно.

Виконаємо аналіз деталі на технологічність за допомогою кількісних критеріїв.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки визначаємо за формулою (1.1):

$$K_{BM} = \frac{15}{120} = 0,13 < 0,8.$$

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі можна розрахувати за формулою:

$$K_y = \frac{Q_{y.E.}}{Q_E} \geq 0,6, \quad (1.4)$$

де $Q_{y.E.} = 46$ – кількість уніфікованих конструктивних елементів;

$Q_E = 63$ – загальна кількість конструктивних елементів.

Тоді коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі дорівнює:

$$K_y = \frac{Q_{y.E.}}{Q_E} = \frac{43}{63} = 0,73 \geq 0,6.$$

Коефіцієнт точності обробки деталі:

$$K_{T.O.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} \geq 0,8, \quad (1.5)$$

де $A_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$ – середній квалітет точності деталі;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету;

A_i – квалітет точності i -ї поверхні.

Середній квалітет точності деталі:

$$A_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} = \frac{6 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 8 \cdot 3 + 10 \cdot 7 + 11 \cdot 8 + 12 \cdot 6 + 13}{29} = 10,79.$$

Коефіцієнт точності обробки деталі:

$$K_{\text{т.о.}} = 1 - \frac{1}{10,79} = 0,90 \geq 0,8.$$

За коефіцієнтом точності деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь деталі:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{ср}}} < 0,32, \quad (1.6)$$

де $B_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$ – середнє значення показника шорсткості,

B_i – значення показника шорсткості i -ої поверхні;

n_i – кількість поверхонь за відповідний показник шорсткості;

Середнє значення показника шорсткості:

$$B_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} = \frac{3,2 \cdot 5 + 1,6 \cdot 6 + 0,8 \cdot 20 + 0,4 \cdot 2}{29} = 1,46.$$

Коефіцієнт шорсткості поверхонь деталі:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{1,46} = 0,68 > 0,32.$$

За показником шорсткості деталь нетехнологічна.

З точки зору жорсткості конструкції деталь нетехнологічна, так як вона нежорстка. Цю деталь неприпустимо обробляти на нормативних режимах різання, конструкція деталі вимагає зниження режимів різання або установки додаткових опор.

Виходячи з вищенаведених кількісних і якісних характеристик можна зробити висновок, що в цілому деталь нетехнологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Виконуємо технологічну розмітку поверхонь деталі (див. рис. 1.5) і встановлюємо основні характеристики цих поверхонь.

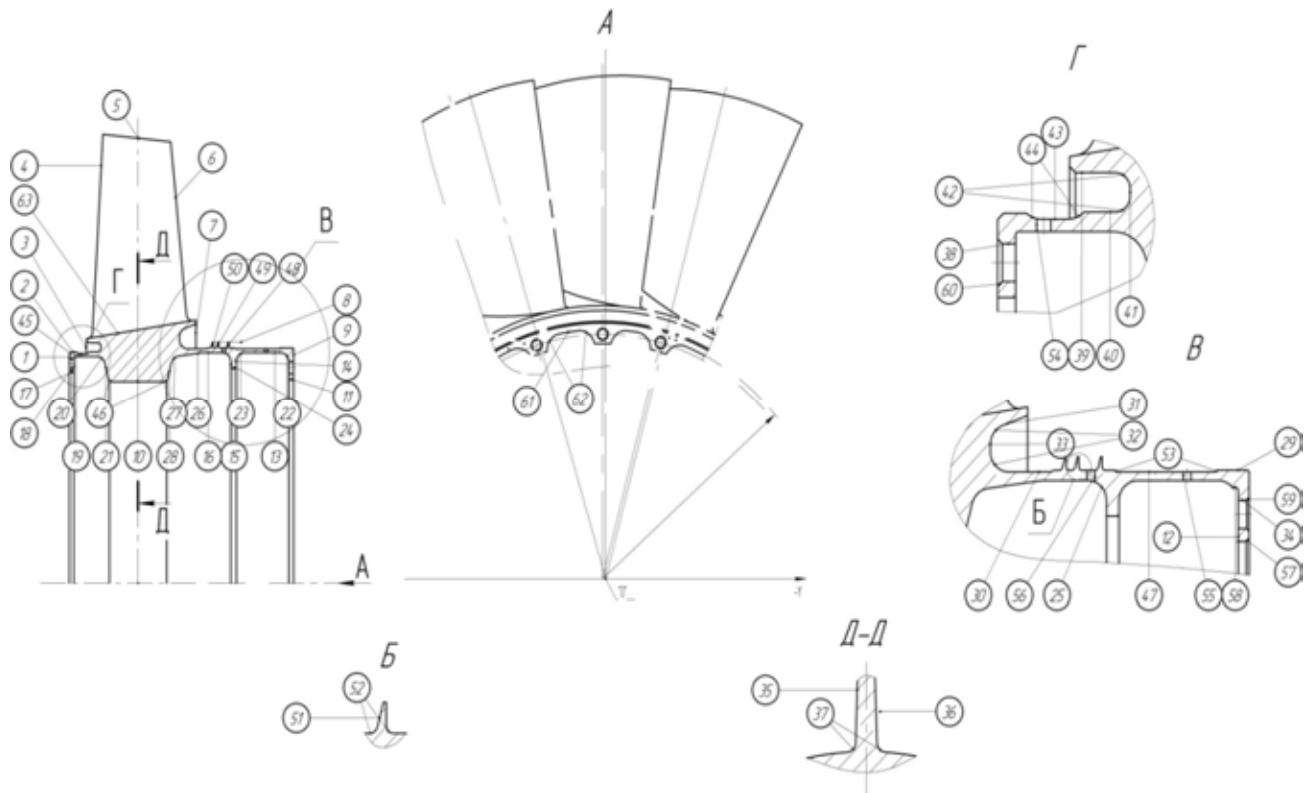


Рисунок 1.5 – Ескіз моноколеса з нумерацією поверхонь

Для розробки МОП беремо основні поверхні (поверхні для яких задані найбільш жорсткі вимоги по точності розмірів, форми і взаємного розташування, шорсткості). Встановлюємо якісні показники основних поверхонь деталі і заготовки і заносимо в табл. 1.5.

Загальне уточнення за показником точності:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (1.7)$$

Загальне уточнення за показником шорсткості:

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_d} \quad (1.8)$$

Таблиця 1.5 – Показники точності та якості поверхонь деталі і заготовки

Номер поверхні і її геометричний розмір	Характер поверхні		Квалітет		Шорсткість $Ra, \mu\text{м}$	
	вид	тип	дет	заг	дет	заг
Поверхня №2 $\varnothing 309,6$	Цил	Нар	k7	IT17	0,8	225
Поверхня №11 $\varnothing 273H7$	Цил	Вн.	H7	IT17	0,8	225
Поверхня №29 $\varnothing 315,12h6$	Цил	Нар	h6	IT17	0,8	225
Поверхня №5 $\varnothing 594,84h8$	Цил	Нар	h8	IT17	3,2	225
Поверхня №10 $\varnothing 270H10$	Цил	Вн	H10	IT17	10,8	225
Поверхня №13 $\varnothing 309H11$	Цил	Вн	H11	IT17	0,8	225
Поверхня №19 $\varnothing 303,8H10$	Цил	Вн	H10	IT17	0,8	25
Поверхня №1 та 9 $L = 164 J_s \pm 0.105$	Пл.	Нар	Js10	IT17	0,8	25

Визначаємо число переходів механічної обробки за наближеною формулою:

$$k_p = 2 \lg \varepsilon \quad , \quad (1.9)$$

де ε – найбільше уточнення (переважний показник).

Визначаємо МОП для поверхні 2 $\varnothing 309,6k7$.

Розраховуємо загальні уточнення за формулами (1.7-1.8):

$$\varepsilon_d = \frac{1,5}{0,052} = 28,85.$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{0,8} = 31,25.$$

Як бачимо, найбільшого уточнення вимагає показник шорсткості, який вважатимемо переважачим. По ньому розраховуємо кількість переходів механічної обробки (формула 1.9):

$$k_p = 2 \lg 31,25 = 3,98.$$

Приймаємо $k = 4$ переходи.

Встановлюємо технологічну послідовність показників точності і якості по переходах МОП. Знаходимо різницю квалітетів точності заготовки і деталі:

$$\Delta IT = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT17 - k7 = 17 - 7 = 10.$$

Встановлюємо ППТК для поверхні 2:

$$IT17 \rightarrow h11 \rightarrow h10 \rightarrow h9 \rightarrow k7.$$

Призначаємо наступні переходи механічної обробки:

- а) точіння обдирне;
- б) точіння чорнове;
- г) точіння чистове;
- д) точіння тонке.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.6. Аналогічні розрахунки проводимо для інших поверхонь.

Розраховуємо уточнення за показниками точності і якості по кожному переходу МОП:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{d1} &= \frac{1,5}{0,4} = 3,75; \\ \varepsilon_{d2} &= \frac{0,4}{0,23} = 1,73; \\ \varepsilon_{d3} &= \frac{0,23}{0,1} = 2,3; \\ \varepsilon_{d4} &= \frac{0,1}{0,052} = 1,92.\end{aligned}$$

Тоді загальне уточнення:

$$\prod_{j=1}^2 \varepsilon_{dj} = 3,75 \cdot 1,73 \cdot 2,3 \cdot 1,92 = 28,7.$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.6. Аналогічні розрахунки проводимо для інших поверхонь.

Таблиця 1.6 – План обробки основних поверхонь деталі

Характер і показники точності і якості поверхні деталі і заготовки	Показники j	Уточнення ϵ_0	кількість переходів k		Різниця показників та ППТК	МОП			
			Розрахункове	Прийняте		i	Метод обробки	Допуск розміру	Уточнення розміру
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поверхня №2 Ø309,6к7 зовнішня циліндрична Ra 0.8	Td	28,9	3,98	4	$\Delta_{\text{кв.}} = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT_{17} - k7 = 10$ $IT_{17} \rightarrow h11 \rightarrow h10 \rightarrow h9 \rightarrow k7$	1	Штамповка	1,5	-
	Rz	26				2	Точіння обд.	0,4	3,75
	↑	31,3				3	Точ. чорнове	0,23	1,73
						4	Відпал		
						5	Точ. чист.	0,1	2,3
						6	Точ. тонке	0,052	1,92
						П=28,64			
Поверхня №11 Ø273 H7 внутрішня циліндрическая Ra 0.8	Td	30	3,54	4	$\Delta_{\text{кв.}} = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT_{17} - H7 = 10$ $IT_{17} \rightarrow H12 \rightarrow H11 \rightarrow H9 \rightarrow H7$	1	Штамповка	1,5	-
	Rz	32,5				2	Точіння обд.	0,52	2,88
	↑	31,3				3	Точ. чорнове	0,21	2,74
						4	Відпал		
						5	Точ. чист.	0,1	2,1
						6	Точ. тонке	0,05	2
						П= 33,14			
Поверхн. №29 Ø 315.12 n6 наружная циліндрична Ra 0.8	Td	41,6	3,28	4	$\Delta_{\text{кв.}} = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT_{17} - n6 = 11$ $IT_{17} \rightarrow h11 \rightarrow h9 \rightarrow h8 \rightarrow n6$	1	Штамповка	1,5	-
	Rz	32,5				2	Точение обд.	0,4	3,57
	↑	31,2				3	Точ. чорнове	0,23	1,73
						4	Відпал		
						5	Точ. Чист.	0,04	5,76
						6	Точ. тонкое	0,036	1,11
						П= 39,49			

Продовження табл.1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Поверхн. №5 Ø 594.84 h8 наружня циліндрична Ra 3.2	Td	13,6	2,48	3	Δкв. = ITзаг – ITдет = IT 17- h8 = 9 IT 17 → h10 → h8	1	Штамповка	1,5	-	
	Rz	17,5				2	Точ. чорнове	0,28		5,35
	↑	7,82				3	Точ. Черн.	0,11		2,54
						4	Відпал			Π=13,59
Поверхн. №10 Ø 270 H10 внутрішня циліндрична Ra 0.8	Td	7,15	2,99	3	Δкв. = ITзаг – ITдет = IT 17- H10 = 7 IT 17 → H12 → H11 → H10	1	Штамповка	1,5	-	
	Rz	26				2	Точ. чорнове	0,52		2,8
	↑	31,3				3	Точ. чорнове	0,32		1,6
						4	Відпал			
						5	Точ. Чист.	0,21		1,52 Π = 6,8
Поверхн. №13 Ø 309 H11 внутрішня циліндрична Ra 0.8	Td	4,9	2,99	2	Δкв. = ITзаг – ITдет = IT 17- H11 = 6 IT 17 → H12 → H11	1	Штамповка	1,5	-	
	Rz	16,3				2	Точение обд.	0,52		2,8
	↑	31,3				3	Точ. чорнове	0,32		1,6
						4	Відпал			Π = 4,55
Поверхн. №1 и 9 L =164 Js10(±0.105) торцевые наружные Ra 0.8	Td	13,6	3,88	4	Δкв. = ITзаг – ITдет = IT 17- H10 = 7 квалитетов IT 17 → H12 → H11 → H10	1	Штамповка	1,5	-	
	Rz	35				2	Точ. чорн. лів	0,4		3,75
	↑	31,3				3	Точ. чорн. пр.	0,4		
						4	Відпал			
						5	Точ. н/ч лів.	0,23		1,73
						6	Точ н/ч пр.	0,23		
						7	Точ. чист. лів	0,11		2,1
						8	Точ. чист. пр.	0,11		Π = 13,56

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, в якому на основі компоновання раніше розроблених МОП встановлено склад і послідовність операцій технологічного процесу, вказані тип і модель верстата, встановлені технологічні комплекси, розроблені схеми установок, наведені вхідні та вихідні характеристики оброблюваних поверхонь і т.п. Маршрут виготовлення деталі, як етапний документ технологічного проектування, представляють у вигляді карти-таблиці.

На склад і структуру маршруту виготовлення деталі впливає безліч різних чинників. Тому проектування МВД представляє багатофакторну техніко-економічну задачу з великою кількістю варіантів рішень. При розробці маршруту виготовлення деталі необхідно керуватися такими загальними принципами.

Принцип стадійності (етапності) передбачає певну послідовність операцій ТП. За цим принципом процес механічної обробки кожної поверхні доцільно ділити на три стадії: чорнову, чистову та остаточну.

Маршрут виготовлення деталі наведений в графічній частині магістерської роботи.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розрахунок припусків для циліндричних поверхонь можна проводити двома способами: розрахунково-аналітичним або табличним методом

Зробимо розрахунок припусків і технологічних розмірів для поверхні №2 ($\varnothing 309,6$) розрахунково-аналітичним методом. Поверхня обробляється за наступним маршрутом:

- заготовка-штамповка;
- точіння чорнове;
- точіння напівчистове;
- точіння чистове;
- точіння тонке.

Припуски призначають розрахунково-аналітичним методом.

Для кожного з переходів визначаємо нормативні значення Rz , h , ρ та ε за [5, с. 188-191], які заносимо до табл. 1.7. В даному випадку Rz – величина шорсткості на попередньому переході; h – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході; ρ – просторове викривлення поверхні (викривлення, неперпендікулярність, несоосність, і т.д.) на попередньому переході, ε – похибка встановлення заготовки на поточному переході.

Припуски по переходах обробки розраховуються як:

$$2z_i^{min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.10)$$

де Rz_{i-1} – шорсткість поверхні попереднього переходу;

h_{i-1} – глибина дефектного шару матеріалу від попередньої операції;

ρ_{i-1} – макронерівності поверхні (зміщення, жолоблення, неперпендикулярність, непаралельність і т.п.), отримані на попередньому переході;

ε_{i-1} – похибка установки заготовки при виконанні i -го переходу.

Відповідно:

$$2z_1^{min} = 2(0,32 + 0,34 + 0,25) = 1,82 \text{ мм.}$$

$$2z_2^{min} = 2(0,05 + 0,05 + 0,125) = 0,45 \text{ мм.}$$

$$2z_3^{min} = 2(0,025 + 0,025) = 0,1 \text{ мм.}$$

$$2z_4^{min} = 2(0,015 + 0,015) = 0,06 \text{ мм.}$$

$$2z_5^{min} = 2(0,0025 + 0,0025) = 0,01 \text{ мм.}$$

Величини полів допусків знаходимо по табл. 7 [5, стр. 182].

Технологічні розміри для зовнішньої циліндричної поверхні розраховують методом розмірних ланцюгів:

$$d_i^{max} = d_{i+1}^{max} + 2z_{i+1}^{min} + Td_i, \quad (1.11)$$

Тоді:

$$d_5^{max} = d_6^{max} + 2z_6^{min} + Td_5 = 309,656 + 0,01 + 0,1 = 309,766 \text{ мм.}$$

$$d_4^{max} = d_5^{max} + 2z_5^{min} + Td_4 = 309,766 + 0,06 + 0,23 = 310,056 \text{ мм.}$$

$$d_2^{max} = d_4^{max} + 2z_4^{min} + Td_2 = 310,056 + 0,06 + 0,23 = 310,056 \text{ мм.}$$

$$d_1^{max} = d_2^{max} + 2z_2^{min} + Td_1 = 310,556 + 0,45 + 0,4 = 312,506 \text{ мм.}$$

Мінімальні розміри для зовнішньої циліндричної поверхні розраховують за формулою:

$$d_i^{min} = d_i^{max} - Td_i . \quad (1.12)$$

Отже:

$$d_1^{min} = d_1^{max} - Td_1 = 312,506 - 1,5 = 311,01 \text{ мм.}$$

$$d_2^{min} = d_2^{max} - Td_2 = 310,556 - 0,45 = 310,16 \text{ мм.}$$

$$d_3^{min} = d_3^{max} - Td_3 = 310,056 - 0,23 = 309,83 \text{ мм.}$$

$$d_5^{min} = d_5^{max} - Td_5 = 309,766 - 0,1 = 309,67 \text{ мм.}$$

$$d_6^{min} = d_6^{max} - Td_6 = 309,656 - 0,052 = 309,6 \text{ мм.}$$

Максимальне значення припусків розраховують за формулою:

$$2z_i^{max} = d_{i-1}^{max} - d_i^{min} . \quad (1.13)$$

Відповідно:

$$2z_2^{max} = d_1^{max} - d_2^{min} = 312,506 - 310,16 = 2,35 \text{ мм}$$

$$2z_3^{max} = d_2^{max} - d_3^{min} = 310,556 - 309,83 = 0,73 \text{ мм}$$

$$2z_5^{max} = d_3^{max} - d_5^{min} = 310,056 - 309,67 = 0,39 \text{ мм}$$

$$2z_6^{max} = d_2^{max} - d_6^{min} = 310,056 - 309,67 = 0,16 \text{ мм}$$

Результати обчислень заносимо в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Результати розрахунків припусків і технологічних розмірів поверхні №2 ($\varnothing 309,6$ k7)

Характеристика поверхні	МОП		Елементи припуску			Розрахункові		Td	Граничні значення				Виконавчий розмір
			Rz	h	ρ	2zmin	d _{расч.}		d _{I max}	d _{I min}	2 z _{min}	2 z _{max}	
Поверхня №2 $\varnothing 309,6$ k7 Зовнішня циліндрична Ra 0.8	1	Заготовка- штамповка	0,32	0,34	0,5	1,82	312,506	1,5	312,506	311,01			$\varnothing 311.5$
	2	Точіння обдирне	0,05	0,05	0,25	0,45	310,556	0,4	310,556	310,16	0,45	2,35	$\varnothing 310.5$ h11 _(-0.4)
	3	Точіння чорнове	0,025	0,025	-	0,1	310,056	0,23	310,056	309,83	0,10	0,73	$\varnothing 310$ h10 _(-0.23)
	4	Відпал											
	5	Точіння чистове	0,015	0,015	-	0,06	309,766	0,1	309,766	309,67	0,06	0,39	$\varnothing 309.75$ h9 _(-0.1)
	6	Точіння тонке	0,001	0,001	-	0,01	309,656	0,052	309,656	309,60	0,01	0,16	$\varnothing 309.6$ k7

Проведемо розрахунок припусків і технологічних розмірів для внутрішньої циліндричної поверхні №11 ($\varnothing 273$). Поверхня обробляється за наступним маршрутом:

- заготовка – штамповка;
- точіння обдирне;
- точіння чорнове;
- відпал;
- точіння чистове;
- точіння тонке.

Загальний припуск на обробку: $2z_0^{min} = 2 \cdot 3 = 6$ мм.

Розподіляємо загальний припуск між переходами, використовуючи коефіцієнт співвідношення припуску на перехід до загального припуску (уточнення) за формулою:

$$2z_i^{min} = K_y \cdot 2z_0^{min}. \quad (1.14)$$

Відповідно:

$$2z_2^{min} = 0,6 \cdot 6 = 3,6 \text{ мм.}$$

$$2z_3^{min} = 0,25 \cdot 6 = 1,5 \text{ мм.}$$

$$2z_5^{min} = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ мм.}$$

$$2z_6^{min} = 0,05 \cdot 6 = 0,3 \text{ мм.}$$

Технологічні розміри розраховуються методом розмірних ланцюгів за формулою:

$$d_i^{min} = d_{i+1}^{min} - 2z_{i+1}^{min} - Td_i. \quad (1.15)$$

Відповідно:

$$d_5^{min} = d_6^{min} - 2z_6^{min} - Td_5 = 273 - 0,3 - 0,1 = 272,6 \text{ мм}$$

$$d_3^{min} = d_5^{min} - 2z_5^{min} - Td_3 = 272,6 - 0,6 - 0,21 = 271,8 \text{ мм}$$

$$d_2^{min} = d_3^{min} - 2z_3^{min} - Td_2 = 271,8 - 0,5 - 0,52 = 269,8 \text{ мм}$$

$$d_1^{min} = d_2^{min} - 2z_2^{min} - Td_1 = 269,8 - 3,6 - 1,5 = 264,7 \text{ мм}$$

Максимальні розміри поверхні розраховують за формулою:

$$d_i^{max} = d_i^{max} + Td_i . \quad (1.16)$$

Відповідно:

$$d_1^{max} = d_1^{max} + Td_1 = 264,7 + 1,5 = 266,17 \text{ мм.}$$

$$d_2^{max} = d_2^{max} + Td_2 = 269,8 + 0,52 = 270,29 \text{ мм.}$$

$$d_3^{max} = d_3^{max} + Td_3 = 271,8 + 0,21 = 272 \text{ мм.}$$

$$d_5^{max} = d_5^{max} + Td_5 = 272,6 + 0,1 = 272,7 \text{ мм.}$$

$$d_6^{max} = d_6^{max} + Td_6 = 273 + 0,052 = 273,052 \text{ мм.}$$

Результати розрахунків заносяться в табл. 1.8. За аналогією розраховуємо припуски на поверхню №29 (\varnothing 315.12)

Таблиця 1.8 – Результати розрахунків припусків і технологічних розмірів поверхні №11 ($\varnothing 273$)

Характеристика поверхні	МОП		Розрахункові		Td	Граничні значення				Виконавчий розмір
			2z	d _{розр.}		d _{I max}	d _{I min}	2 z _{min}	2 z _{max}	
Поверхня №11 $\varnothing 273$ Н7 внутрішня циліндрична Ra 0.8	1	Заготовка- штамповка.		264,670	1,50	266,170	264,67			$\varnothing 266$
	2	Точіння обдирне	3,6	269,770	0,52	270,290	269,77	3,60	5,62	$\varnothing 270$ Н12 ^(+0,52)
	3	Точіння чорнове	1,50	271,790	0,21	272,000	271,79	1,50	2,23	$\varnothing 272$ Н11 ^(+0,21)
	4	Відпал								
	5	Точіння чистове	0,6	272,600	0,10	272,700	272,60	0,60	0,91	$\varnothing 272,65$ Н9 ^(+0,1)
	6	Точіння тонке	0,3	273,000	0,05	273,052	273,00	273,00	273,05	$\varnothing 273$ Н7 ^(+0,52)

Таблиця 1.9 – Результати розрахунків припусків і технологічних розмірів поверхні №29 ($\varnothing 315,12$)

Характеристика поверхні	МОП		Розрахункові		Td	Граничні значення				Виконавчий розмір
			2z _{min}	d _{розр.}		d _{I max}	d _{I min}	2 z _{min}	2 z _{max}	
Поверхня №29 $\varnothing 315,12$ н6 Зовнішня циліндрична Ra 0.8	1	Заготовка- штамповка.		331,267	1,50	331,267	329,77			
	2	Точіння обдирне	8,4	321,367	0,400	321,367	320,97	8,40	10,30	$\square 321$ h 11 _(-0,4)
	3	Точіння чорнове	5	315,967	0,230	315,967	315,74	5,00	5,63	$\square 315,8$ h9 _(-0,23)
	4	Відпал								
	5	Точіння чистове	0,42	315,317	0,040	315,317	315,28	0,42	0,69	$\square 315,3$ h9 _(-0,04)
	6	Точіння тонке	0,15	315,127	0,036	315,127	315,09	0,15	0,23	$\square 315,12$ н6

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 015 – Токарна

Дана операція виконується на токарному верстаті 1М63. Деталь базується по центральному отвору з упором в крайній лівий торець (рис. 1.6).

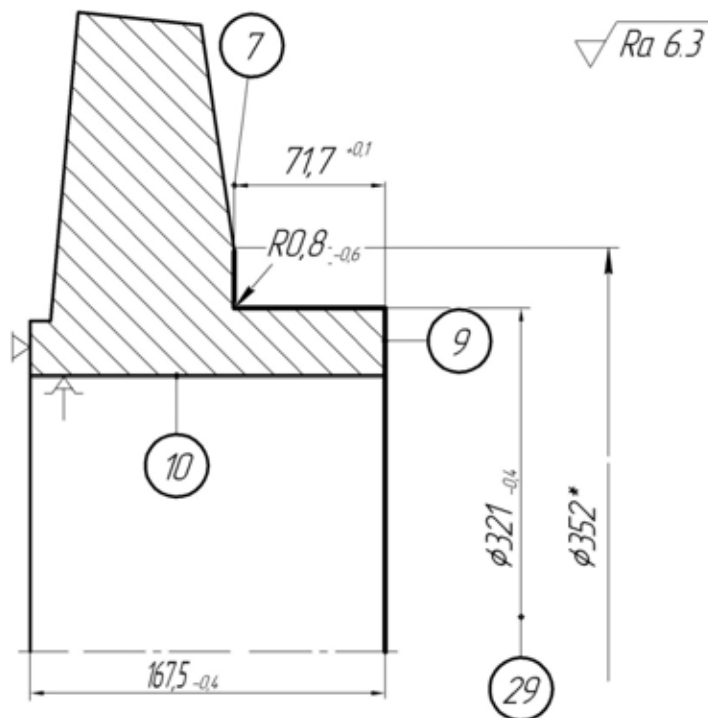


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз операції 015 (токарна)

Зміст переходів: обточити циліндричну поверхню 29, підрізати крайні праві торці.

Інструменти:

- різець токарний прохідний з пластиною з твердого сплаву ВК8;
- різець токарний підрізний з пластиною з твердого сплаву ВК8 – 2 шт.

Призначаємо режими різання згідно з переходами механічної обробки.

Перехід 01 – точити циліндричну поверхню 29.

Визначаємо глибину різання. Величина припуску, що знімається становить $2z = 4$ мм, відповідно на сторону величина припуску складе $z = 4/2 = 2$ мм.

Його можна зняти за один прохід. Таким чином, глибина різання буде дорівнювати величині припуску на сторону: $t = 2$ мм.

Розраховуємо подачу:

$$S_{op} = S_{tp} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (1.17)$$

де $S_{tp} = 0,46$ мм/об – табличне значення подачі, [7, с. 237];

$K_1 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал різального інструменту;

$K_3 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки [7];

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує величину діаметра оброблюваної заготовки [7];

$K_5 = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріалу.

Таким чином:

$$S_{op} = 0,46 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,25 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

Коригуємо значення подачі по верстату – $S_o = 0,25$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання за формулою:

$$v_p = v_t \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7, \quad (1.18)$$

де $v_t = 74$ м/хв – базове значення швидкості для титанового сплаву (XIII група матеріалів) [7, табл.46, с. 249];

$K_1 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує величину σ_b [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструменту [7];

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує кут різця в плані [7];

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує співвідношення діаметрів оброблених поверхонь [7];

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує величину діаметра оброблюваної поверхні [7];

$K_6 = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [7];

$K_7 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки [7].

Тоді:

$$v_p = 74 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 49,73 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot d}, \quad (1.19)$$

де d – діаметр оброблюваної поверхні.

$$n = \frac{1000 \cdot 49,73}{3,14 \cdot 328} = 126,83 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Приймаємо за верстатом $n_{\text{верст}} = 125$ об/хв.

Дійсну швидкість головного руху визначаємо за формулою:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}, \quad (1.20)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 328 \cdot 125}{1000} = 64,88 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Перехід 02 – підрізати торці.

Визначаємо глибину різання. Величина припуску, що знімається становить $z = 2$ мм. Припуск знімається за один прохід. Таким чином, глибина різання буде дорівнює величині припуску на сторону: $t = z = 2$ мм.

Розраховуємо подачу за формулою (1.17):

$$S_{op} = 0,68 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,34 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

Коригуємо подачу за верстатом: $S_o = 0,35$ мм/об.

Для полегшення процесу налаштування верстата і зниження допоміжного часу приймаємо частоту обертання шпинделя для другого переходу рівній частоті обертання при першому переході. Це можливо у зв'язку з невеликою різницею діаметрів. Здійснюємо перерахунок частоти обертання шпинделя по формулі (1.20):

$$v = \frac{3,14 \cdot 352,7 \cdot 125}{1000} = 69,77 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначаємо основний час за формулою:

$$t_o = \frac{(L + l) \cdot i}{n \cdot S}, \quad (1.21)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні, мм;

l – довжина врізання і перебігу інструменту, мм;

i – число робочих ходів;

n – частота обертання заготовки або інструменту, об/хв;

S – подача на один оберт, мм/об.

$$t_{o1} = \frac{71,7 + 2}{125 \cdot 0,25} = 2,36 \text{ хв.}$$

$$t_{o2} = \frac{31 + 2}{125 \cdot 0,35} = 0,75 \text{ хв.}$$

Основний час на виконання всіх переходів операції:

$$t_o = t_{o1} + t_{o2} = 2,36 + 0,75 = 3,11 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 265 – Радіально-свердлильна з ЧПК

Операція виконується на верстаті 2М112Ф4. Деталь базується на верстаті з упором у правий торець і центрується по радіальних отворах (поверхня 28). Ескіз операції показаний на рис. 1.7.

Зміст операції: свердлити 19 отворів $\phi 5^{+0,16}$ мм за програмою.

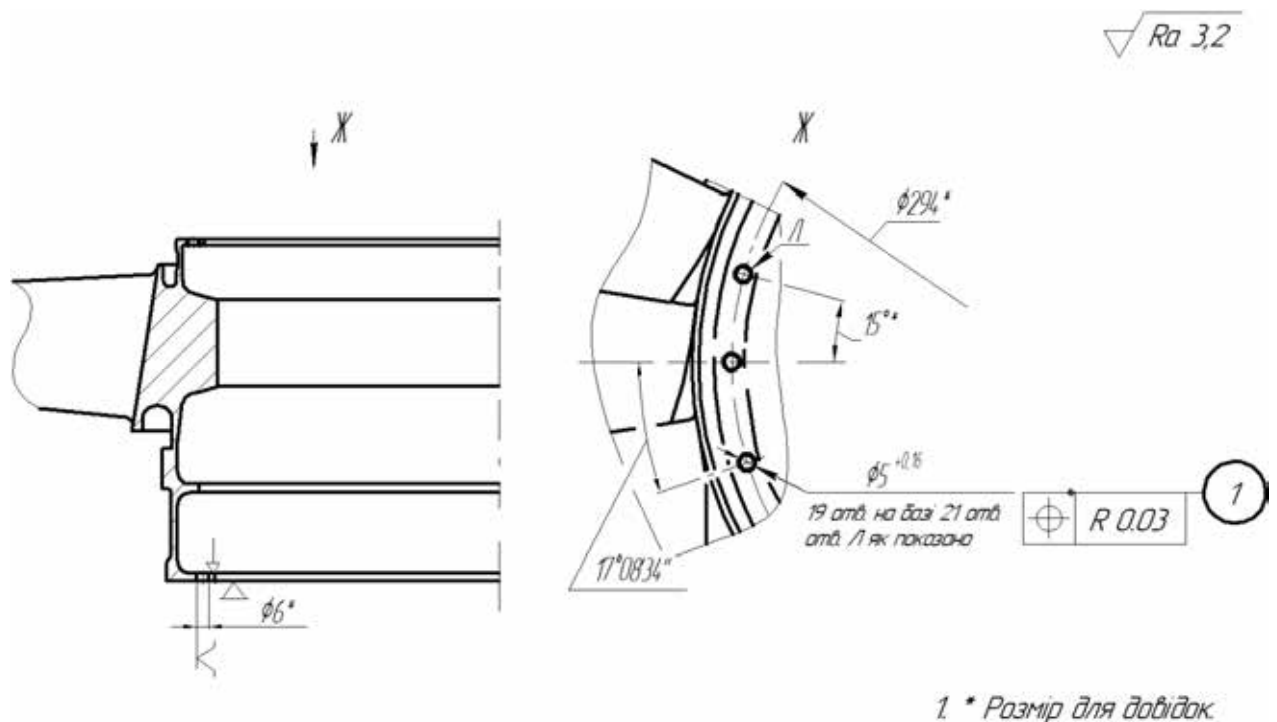


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз операції 265 (радіально-свердлильна з ЧПК)

Інструмент: свердло спіральне $\phi 4,9$.

Призначаємо режими різання на дану операцію.

Глибина різання дорівнює : $t = \frac{4,9}{2} = 2,45$ мм.

Визначаємо величину подачі за формулою:

$$S_{op} = S_{Tp} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (1.22)$$

де $S_{Tp} = 0,1$ мм/об – табличне значення подачі [7, табл. 64, с. 267];

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує глибину свердління [7];

$K_2 = 0,75$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [7];

$K_4 = 1$ – коефіцієнт, що враховує тип отвору [7];

$K_5 = 0,75$ – коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріалу.

Таким чином за формулою (1.22):

$$S_{op} = 0,1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,06 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

Коригуємо значення подачі за верстатом: $S_{o\phi} = 0,05$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$v_p = v_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (1.23)$$

де $v_T = 16,8$ м/хв. – табличне значення швидкості різання для титанового сплаву (XIII група матеріалів) [7, табл.70, с. 273];

$K_1 = 0,55$ – коефіцієнт, що враховує величину σ_B [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструменту;

$K_3 = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує тип отвору [7];

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки [7];

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує глибину свердління [7];

Таким чином:

$$v_p = 16,8 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 7,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Частоту обертання шпинделя зі свердлом визначаємо за формулою 1.19:

$$n = \frac{1000 \cdot 7,4}{3,14 \cdot 4,9} = 480,4 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Приймаємо частоту обертання по верстату: $n_{\text{верст}} = 125$ об/хв.

Дійсну швидкість головного руху визначаємо за формулою (1.20):

$$v = \frac{3,14 \cdot 4,9 \cdot 500}{1000} = 7,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначимо основний час за формулою (1.21):

$$t_o = 19 \cdot \frac{4,7 + 2 + 2}{500 \cdot 0,05} = 6,8 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 105 – Фрезерна

Визначимо режими різання для операції 105 (фрезерна). Операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті 6Н82Г. Базування деталі в пристосуванні з напівавтоматичним циклом ділення див. рис. 1.8.

Зміст операції: фрезерувати 21 міжлопатковий паз шириною 2,5 мм.

Інструмент: фреза дискова $\varnothing 350$ мм, шириною $1,6_{-1,0}^{+0,5}$ мм.

Призначаємо режими різання на дану операцію. Глибина різання дорівнює товщині перемички.

Визначаємо величину подачі на зуб за формулою:

$$S_{z\text{p}} = S_{z\text{p}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (1.24)$$

де $S_{z\text{p}} = 0,035$ мм/об – табличне значення подачі [7, табл. 64, стр. 267];

$K_1 = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [7];

$K_2 = 0,66$ – коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної поверхні (паз);

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує величину необхідної шорсткості [7].

Таким чином за формулою (1.24):

$$S_{z\text{p}} = 0,035 \cdot 0,85 \cdot 0,66 \cdot 1 = 0,02 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

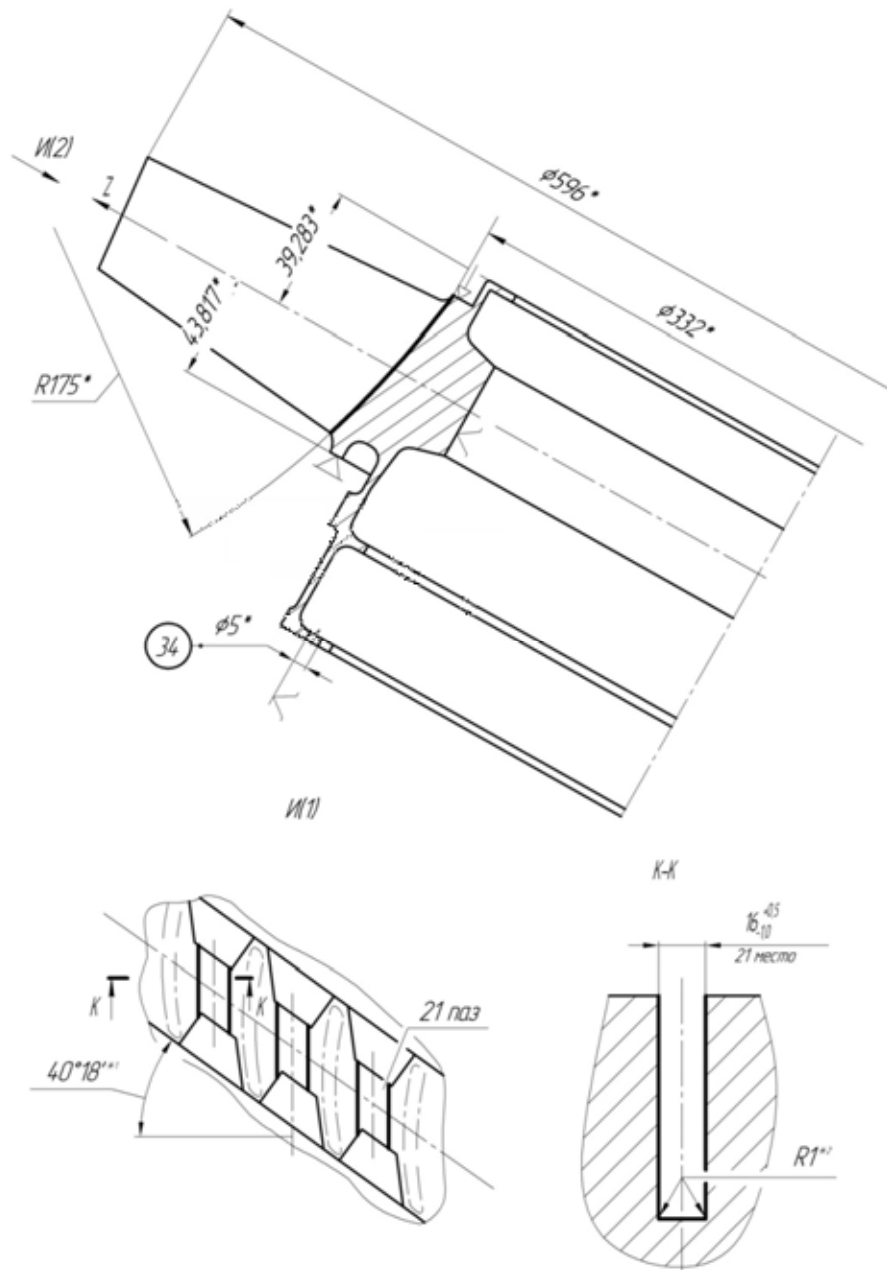


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз операції 105 (фрезерна)

Коригуємо значення подачі за верстатом: $S_{z\phi} = 0,02$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$v_p = v_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (1.25)$$

де $v_T = 18$ м/хв. – табличне значення швидкості різання для титанового сплаву (XIII група матеріалів) [7, табл.153, с. 334];

$K_1 = 2,5$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструменту [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки [7];

$K_4 = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного елемента (паз);

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує величину σ_B [7];;

Таким чином:

$$v_p = 18 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 31,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою 1.19:

$$n = \frac{1000 \cdot 31,5}{3,14 \cdot 350} = 57,3 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Приймаємо частоту обертання по верстату: $n_{\text{верст}} = 65$ об/хв.

Дійсну швидкість головного руху визначаємо за формулою (1.20):

$$v = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 65}{1000} = 35,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Визначаємо фактичну подачу фрези:

$$S_{\text{хв}} = S_{z\phi} \cdot n \cdot z, \quad (1.26)$$

де $S_{z\phi}$ – фактична величина подачі, мм/об;

n – число оборотів фрези (частота обертання шпинделя), об/хв;

$z = 27$ – число зубів фрези.

$$S_{\text{хв}} = 0,02 \cdot 65 \cdot 27 = 35,1 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначимо основний час за формулою (1.21):

$$t_o = 21 \cdot \frac{132 + 3}{35,1} = 80,8 \text{ хв.}$$

1.6.4 Операція 230 – Токарна з ЧПК

Дана операція виконується на токарному верстаті з ЧПК АТПР-800. Деталь базується по центральному отвору з упором в крайній лівий торець (див. рис. 1.9).

Зміст переходів: обточити зовнішній діаметр, підрізати крайній правий торець, прорізати канавку, розточити отвір за програмою.

Інструменти:

- різець токарний підрізний з пластиною з твердого сплаву ВК8;
- різець торцевий канавочний з пластиною з твердого сплаву ВК8;
- різець токарний прохідний з пластиною з твердого сплаву ВК8;
- різець токарний відрізний з пластиною з твердого сплаву ВК8 – 2 шт;
- різець токарний прохідний відігнутий з пластиною з твердого сплаву ВК8;
- різець канавочний з пластиною з твердого сплаву ВК8;

Призначаємо режими різання згідно з переходами механічної обробки.

Перехід 01 – точити циліндричну поверхню і підрізати крайній правий торець.

Визначаємо глибину різання. Величина припуску, що знімається, становить $2z = 0,1$ мм, відповідно на сторону величина припуску складає $z = \frac{0,1}{2} = 0,05$ мм. Його можна зняти за один прохід. Таким чином, глибина різання буде дорівнює величині припуску на сторону: $t = z = 0,05$ мм.

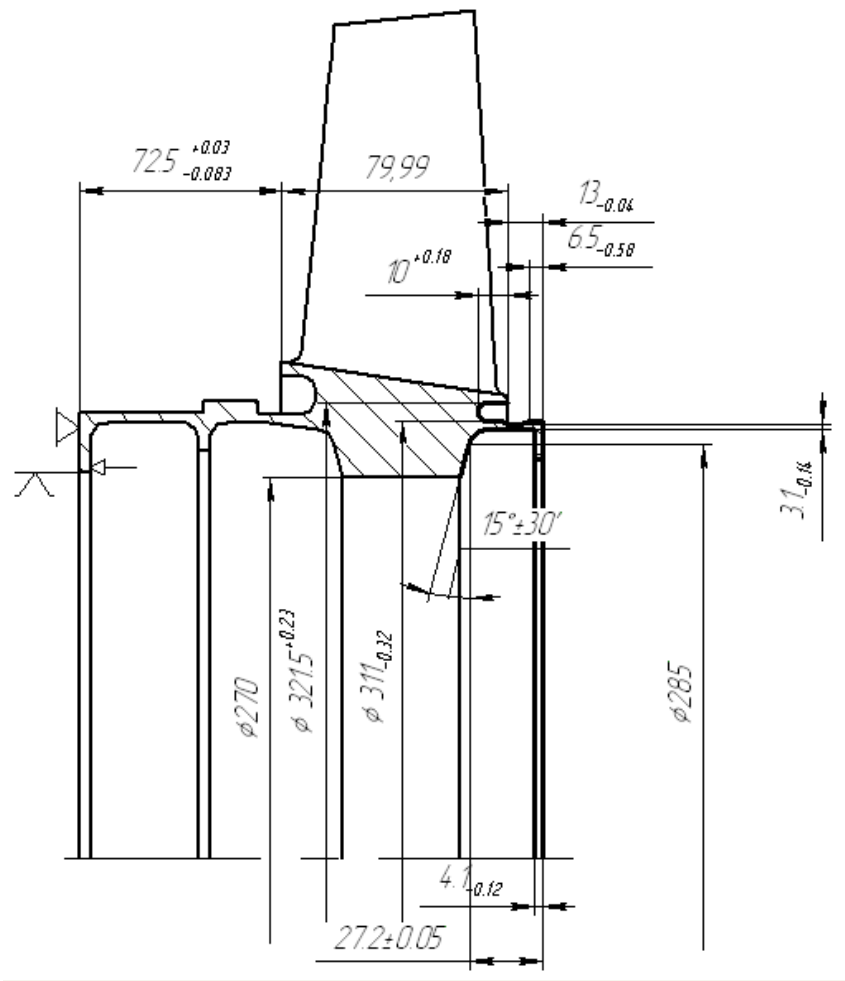


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз операції 230 (токарна з ЧПК)

Розраховуємо подачу за формулою:

$$S_{op} = S_{tp} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (1.27)$$

де $S_{tp} = 0,16$ мм/об – табличне значення подачі, [7, с. 237];

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал різального інструменту;

$K_3 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки [7];

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує величину діаметра оброблюваної заготовки [7];

$K_5 = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріалу.

Таким чином:

$$S_{op} = 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,054 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

Коригуємо значення подачі по верстату – $S_o = 0,05$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання за формулою (1.18):

$$v_p = v_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де $v_T = 81$ м/хв – базове значення швидкості для титанового сплаву (XIII група матеріалів) [7, табл.46, с. 249];

$K_1 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує величину σ_B [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструменту [7];

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує кут різця в плані [7];

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує співвідношення діаметрів оброблених поверхонь [7];

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує величину діаметра оброблюваної поверхні [7];

$K_6 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [7];

$K_7 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки [7].

Тоді:

$$v_p = 81 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1 = 77,76 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.19):

$$n = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 77,76}{3,14 \cdot 310,7} = 79,7 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Приймаємо за верстатом $n_{\text{верст}} = 50$ об/хв.

Дійсну швидкість головного руху визначаємо за формулою (1.20):

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 310,7 \cdot 50}{1000} = 48,77 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Розраховуємо швидкість головного руху різання при підрізанні торців за формулою (1.18):

$$v_p = v_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де $v_T = 81$ м/хв – базове значення швидкості для титанового сплаву (XIII група матеріалів) [7, табл.46, с. 249];

$K_1 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує величину σ_B [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструменту [7];

$K_3 = 0,81$ – коефіцієнт, що враховує кут різця в плані [7];

$K_4 = 0,5$ – коефіцієнт, що враховує співвідношення діаметрів оброблених поверхонь [7];

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує величину діаметра оброблюваної поверхні [7];

$K_6 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [7];

$K_7 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки [7].

Тоді:

$$v_p = 81 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1 = 26,24 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.19):

$$n = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 26,24}{3,14 \cdot 310,7} = 26,9 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Приймаємо за верстатом $n_{\text{верст}} = 22$ об/хв.

Дійсну швидкість головного руху визначаємо за формулою (1.20):

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 310,7 \cdot 22}{1000} = 21,46 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Переходи 02 і 05 – прорізати канавку.

У зв'язку з невеликою різницею в геометричних параметрах оброблюваних канавок на переходах 02 і 05 режими для них можна прийняти однаковими. Однак, при нормуванні слід врахувати, що перехід 05 здійснюється в три проходи.

Визначаємо глибину різання. Ширина напуску, що знімається, становить $b = 5,4$ мм, а його глибина 10 мм. Таким чином, глибина різання буде дорівнює ширині напуску, що знімається: $t = b = 5,4$ мм.

Розраховуємо подачу за формулою (1.25):

$$S_{op} = S_{Tp} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,$$

де $S_{Tp} = 0,08$ мм/об – табличне значення подачі, [7, с. 238];

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал різального інструменту;

$K_3 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки [7];

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує величину діаметра оброблюваної заготовки [7];

$K_5 = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріалу.

Таким чином:

$$S_{op} = 0,08 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,054 \text{ мм/об}$$

Коригуємо значення подачі по верстату – $S_o = 0,05$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання при прорізанні канавки за формулою (1.18):

$$v_p = v_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де $v_T = 56$ м/хв – базове значення швидкості для титанового сплаву (ХІІІ група матеріалів) [7, табл.46, с. 249];

$K_1 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує величину σ_B [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструменту [7];

$K_3 = 0,81$ – коефіцієнт, що враховує кут різця в плані [7];

$K_4 = 0,5$ – коефіцієнт, що враховує співвідношення діаметрів оброблених поверхонь [7];

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує величину діаметра оброблюваної поверхні [7];

$K_6 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [7];

$K_7 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки [7].

Тоді:

$$v_p = 56 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1 = 18,14 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.19):

$$n = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 18,14}{3,14 \cdot 310,7} = 18,6 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Приймаємо за верстатом $n_{\text{верст}} = 17$ об/хв.

Дійсну швидкість головного руху визначаємо за формулою (1.20):

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 310,7 \cdot 17}{1000} = 16,59 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Перехід 03 і 04 – розточити внутрішній отвір.

Визначаємо глибину різання. Ширина припуску, що знімається, становить $2z = 1,5$ мм, відповідно на сторону величина припуску складає $z = \frac{1,5}{2} =$

0,75 мм. Його можна зняти за один прохід. Таким чином, глибина різання буде дорівнює величині припуску на сторону: $t = z = 0,75$ мм.

Розраховуємо подачу за формулою (1.27):

$$S_{op} = S_{tp} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,$$

де $S_{tp} = 0,16$ мм/об – табличне значення подачі, [7, с. 237];

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал різального інструменту;

$K_3 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки [7];

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує величину діаметра оброблюваної заготовки [7];

$K_5 = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріалу.

Таким чином:

$$S_{op} = 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,054 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

Коригуємо значення подачі по верстату – $S_o = 0,05$ мм/об.

Розраховуємо подачу при підрізанні торців за формулою (1.27):

$$S_{op} = S_{tp} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,$$

де $S_{tp} = 0,1$ мм/об – табличне значення подачі, [7, с. 238];

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал різального інструменту;

$K_3 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки [7];

$K_4 = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує величину діаметра оброблюваної заготовки [7];

$K_5 = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує групу оброблюваного матеріалу.

Таким чином:

$$S_{op} = 0,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 0,071 \text{ мм/об}$$

Коригуємо значення подачі по верстату – $S_o = 0,07$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання за формулою (1.18):

$$v_p = v_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де $v_T = 89$ м/хв – базове значення швидкості для титанового сплаву (XIII група матеріалів) [7, табл.46, с. 249];

$K_1 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує величину σ_B [7];

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструменту [7];

$K_3 = 0,62$ – коефіцієнт, що враховує кут різця в плані [7];

$K_4 = 0,5$ – коефіцієнт, що враховує співвідношення діаметрів оброблених поверхонь [7];

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує величину діаметра оброблюваної поверхні [7];

$K_6 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні [7];

$K_7 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки [7].

Тоді:

$$v_p = 89 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1 = 22,1 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.19):

$$n = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 22,1}{3,14 \cdot 302,9} = 23,2 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Приймаємо за верстатом $n_{\text{верст}} = 22$ об/хв.

Дійсну швидкість головного руху визначаємо за формулою (1.20):

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 302,9 \cdot 22}{1000} = 20,92 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначасмо основний час для кожного переходу за формулою (1.21).

$$t_{o1} = \frac{6,21 + 2}{50 \cdot 0,05} + \frac{14,3 + 2 + 3}{50 \cdot 0,05} = 3,75 \text{ хв.}$$

$$t_{o2} = \frac{10,1 + 2}{17 \cdot 0,05} = 4,42 \text{ хв.}$$

$$t_{o3} = \frac{27,2 + 2 + 5}{22 \cdot 0,05} = 3,21 \text{ хв.}$$

$$t_{o4} = \frac{10,1 + 2}{17 \cdot 0,05} = 4,42 \text{ хв.}$$

$$t_{o5} = \frac{27,2 + 2 + 5}{22 \cdot 0,05} = 3,21 \text{ хв.}$$

Основний час на виконання всіх переходів операції:

$$t_o = t_{o1} + t_{o2} + t_{o3} + t_{o4} + t_{o5} = 3,75 + 4,42 + 3,21 + 4,42 + 3,21 = 19,01 \text{ хв.}$$

1.7 Технічне нормування операцій

Проведемо розрахунок норм часу для операції 015(токарна)

Розраховуємо допоміжний час за формулою:

$$t_d = t_{d1} + t_{d2} = (t_{вст} + t_{под} + t_{хх}) + (t_{под} + t_{хх} + t_{зн}), \quad (1.28)$$

де t_{d1}, t_{d2} – допоміжний час для першого та другого переходу;

$t_{вст} = 0,57$ хв – час на установку деталі, хв[8, карта 58, с.148];

$t_{под} = 0,08$ хв – час на включення або зміну величини подачі, хв[8, карта 61, с.156];

$t_{\text{хх}} = 0,09 \text{ хв}$ – час на холості ходи, хв;

$t_{\text{зн}} = 0,1 \text{ хв}$ – час на зняття деталі, хв.

Таким чином:

$$t_{\text{д}} = (0,57 + 0,08 + 0,09) + (0,08 + 0,09 + 0,1) = 1,01 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місяця, відпочинок та природні потреби за формулою [8, с.59]:

$$t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} = (t_{\text{o}} + t_{\text{д}}) \cdot \frac{\alpha_{\text{обсл}} + \alpha_{\text{отд}}}{100}, \quad (1.29)$$

де $\alpha_{\text{обсл}} = 2,5\%$ – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місяця [8, карта 49, с. 136];

$\alpha_{\text{отд}} = 4\%$ – відсоток від оперативного часу на перерви на відпочинок і природні потреби [8, карта 49, с. 136];

Підставивши ці значення у вихідну формулу, отримаємо:

$$t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} = (3,11 + 1,01) \cdot \frac{2,5 + 4}{100} = 0,26 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучного часу:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{o}} + t_{\text{д}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}}. \quad (1.30)$$

$$t_{\text{шт}} = 3,11 + 1,01 + 0,26 = 4,38 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час: для установки деталі в самоцентрувальному патроні при обробці трьома інструментами підготовчо-заклучний час дорівнює [8, карта 50, с. 137] – $t_{\text{п.з}} = 13 \text{ хв.}$

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт-к}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n}, \quad (1.31)$$

де $n = 40$ шт – обсяг партії деталей.

$$t_{\text{шт-к}} = 4,38 + \frac{13}{40} = 6,64 \text{ хв.}$$

Розраховуємо допоміжний час для радіально-свердлильної операції (265):

$$t_{\text{д}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{под}} + t_{\text{хх}} + t_{\text{пов}} + t_{\text{зн}}, \quad (1.32)$$

де $t_{\text{вст}} = 1,25$ хв – час на установку деталі, хв[8, карта 44, с.288];

$t_{\text{под}} = 0,08$ хв – час на включення або зміну величини подачі, хв[8, карта 47, с.296];

$t_{\text{хх}} = 0,15$ хв – час на холості ходи, хв[8, карта 47, с. 296];

$t_{\text{пов}} = 0,09$ хв – час на поворот шпинделя для обробки наступної групи отворів[8, карта 47, с. 296];

$t_{\text{зн}} = 0,1$ хв – час на зняття деталі, хв[8, карта 47, с. 296].

Таким чином:

$$t_{\text{д}} = 1,25 + 0,08 + 0,15 + 0,09 + 0,1 = 1,67 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби за формулою (1.29):

$$t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} = (6,8 + 1,67) \cdot \frac{2,5 + 4}{100} = 0,55 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучного часу за формулою (1.30):

$$t_{\text{шт}} = 6,8 + 1,67 + 0,55 = 9,02 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час для установки деталі в пристосування, настройки багатшпиндельної головки [8, карта 50, с. 300] – $t_{\text{п.з}} = 29$ хв.

$$t_{\text{шт-к}} = 9,02 + \frac{29}{40} = 9,6 \text{ хв.}$$

Розраховуємо допоміжний час для фрезерної операції (105):

$$t_{\text{д}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{под}} + t_{\text{пов}} + t_{\text{зн}}, \quad (1.33)$$

де $t_{\text{вст}} = 0,39$ хв – час на установку деталі, хв[8, карта 59, с.426];

$t_{\text{под}} = 0,04$ хв – час на включення або зміну величини подачі, хв[8, карта 64, с.442];

$t_{\text{пов}} = 0,04$ хв – час на поворот ділильного пристосування на одну позицію [8, карта 64, с. 442]

$t_{\text{зн}} = 0,1$ хв – час на зняття деталі, хв[8, карта 64, с. 442].

Підставивши дані значення в формулу (1.33) отримаємо:

$$t_{\text{д}} = 0,39 + 0,04 + 0,04 \cdot 21 + 0,1 = 1,37 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби за формулою (1.29):

$$t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} = (80,77 + 1,37) \cdot \frac{6 + 4}{100} = 8,21 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучного часу за формулою (1.30):

$$t_{\text{шт}} = 80,77 + 1,37 + 8,21 = 90,35 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час для установки деталі в пристосування, настройки багатопшпіндельної головки [8, карта 50, с. 300] – $t_{\text{п.з}} = 26$ хв.

$$t_{\text{шт-к}} = 9,35 + \frac{26}{40} = 90,87 \text{ хв.}$$

Розраховуємо допоміжний час для токарної операції (230).

$$t_d = t_{вст} + t_{под} + t_{хх} + t_{зн}, \quad (1.34)$$

де $t_{вст} = 0,57$ хв – час на установку деталі, хв[8, карта 58, с.148];

$t_{под} = 0,08$ хв – час на включення або зміну величини подачі, хв[8, карта 61, с.156];

$t_{хх} = 0,9$ хв – час на холості ходи[8]

$t_{зн} = 0,1$ хв – час на зняття деталі, хв[8].

Підставивши дані значення в формулу (1.34) отримаємо:

$$t_d = 0,57 + 0,08 + 0,9 + 0,1 = 1,65 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби за формулою (1.29):

$$t_{обсл} + t_{отд} = (80,77 + 1,37) \cdot \frac{2,5 + 4}{100} = 1,34 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучного часу за формулою (1.30):

$$t_{шт} = 19,01 + 1,65 + 1,34 = 22 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час для установки деталі в пристосування, настройки багатопиндельної головки [8, карта 50, с. 300] – $t_{п.з} = 26$ хв.

$$t_{шт-к} = 22 + \frac{32}{40} = 22,64 \text{ хв.}$$

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

1.8.1 Розробка токарної операції

Розробимо в системі NXСAMкеруючу програму для токарного верстата з ЧПК 1A512MФ3A на операцію 030. Операційний ескіз показаний на рис. 1.10.

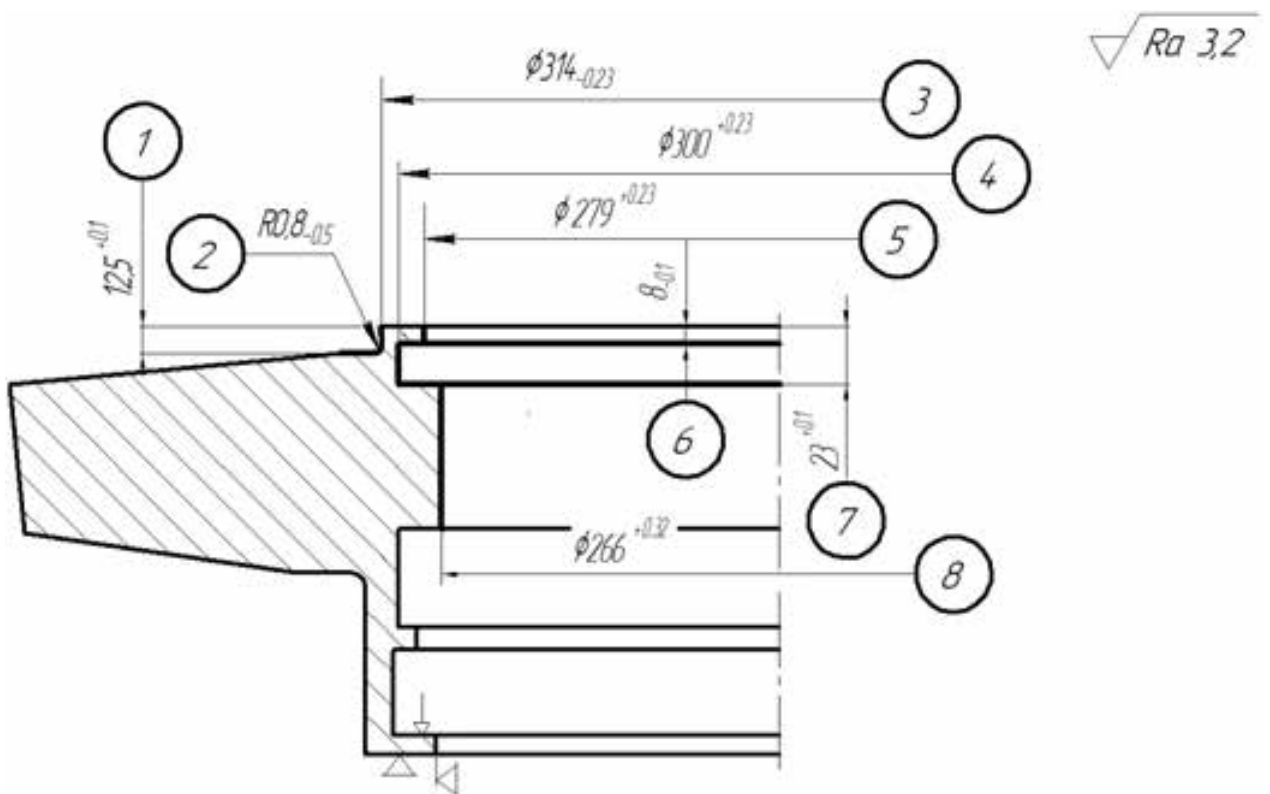


Рисунок 1.10 – Операційний ескіз

Орієнтуємо систему координат верстата відносно деталі (рис. 1.11). Додаємо заготовку (рис. 1.12). Задаємо в геометричній групі WORKPIECE деталь і заготовку. На рис. 1.13 показані перерізи заготовки і деталі, створені системою NX CAM автоматично. В геометричній групі AVOIDANCE задаємо начальну точку і точку повернення. Задаємо частоти обертання шпинделя і подачу (рис. 1.14).

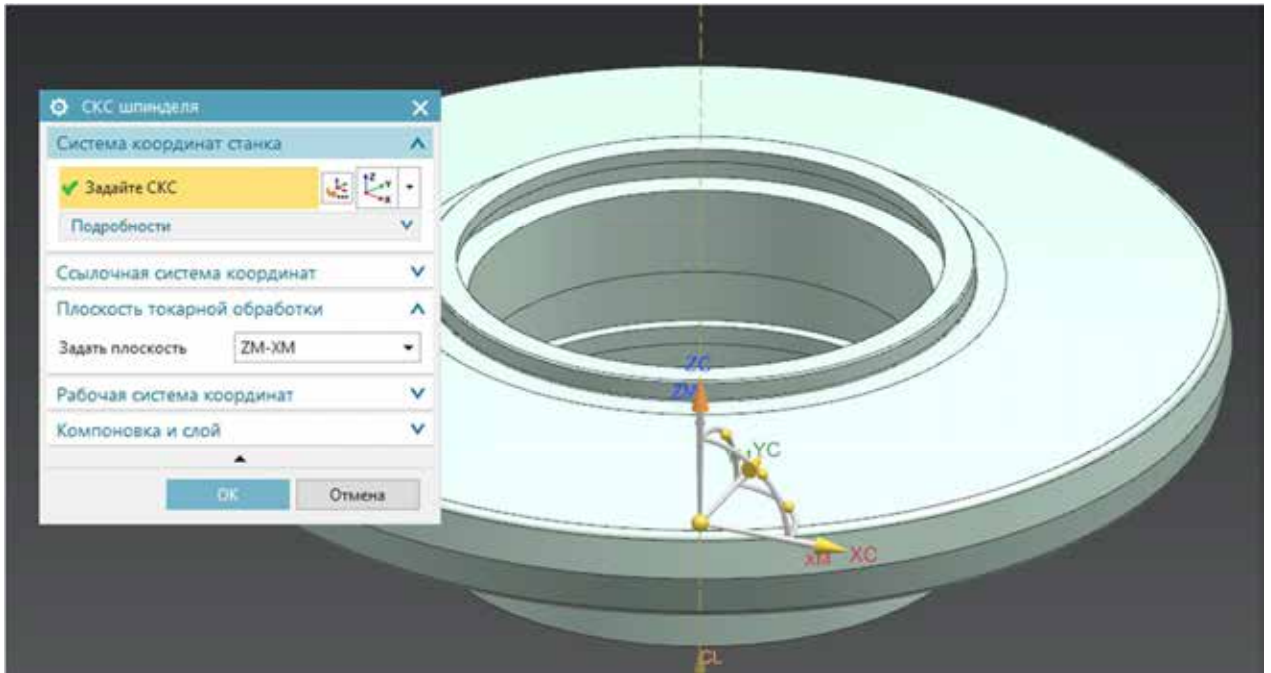


Рисунок 1.11 – Система координат верстака

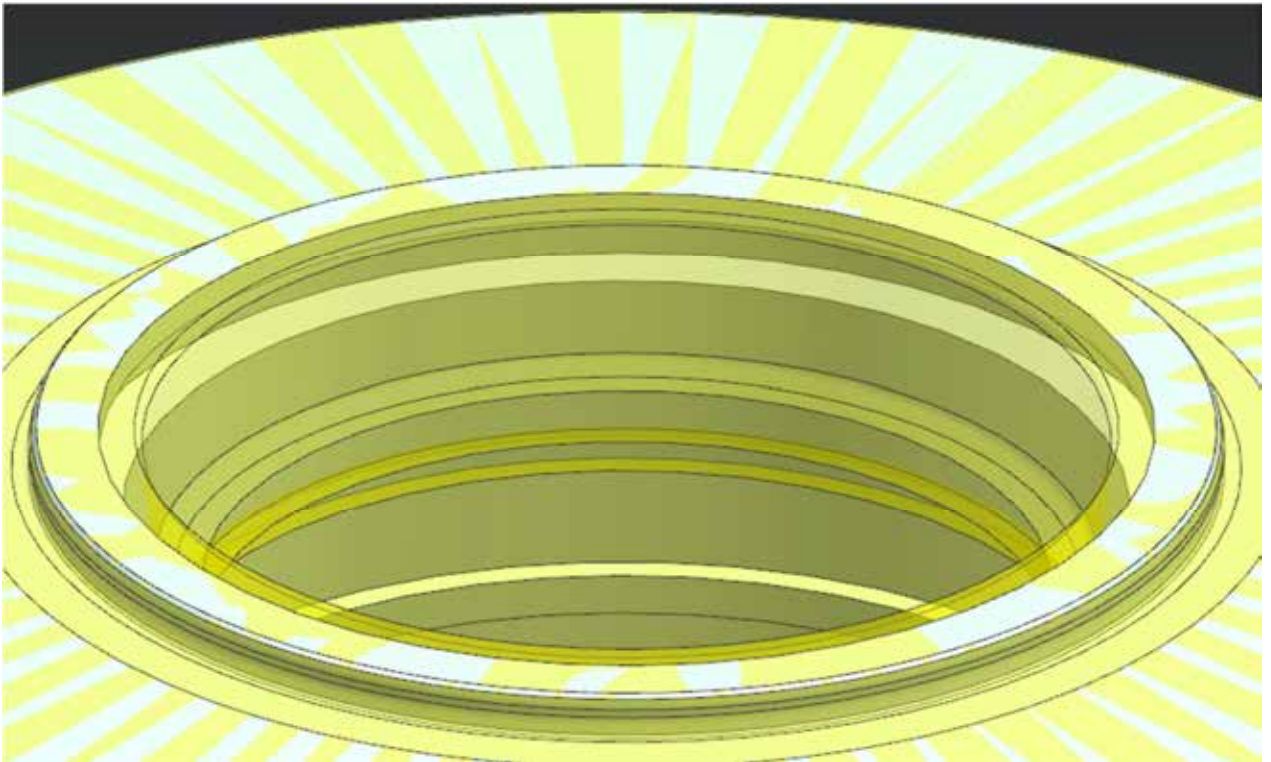


Рисунок 1.12 – Заготовка і деталь

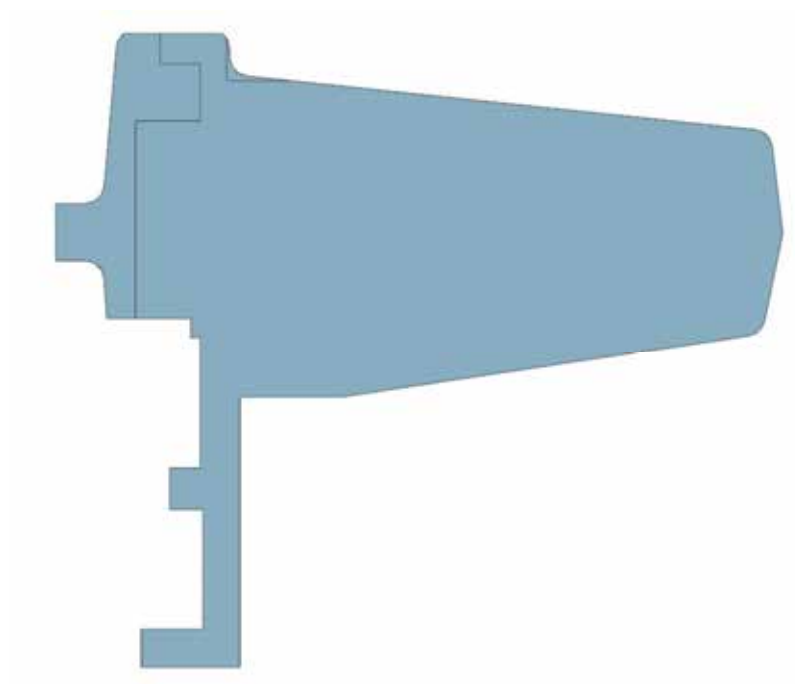


Рисунок 1.13 – Перерізи заготовки та деталі

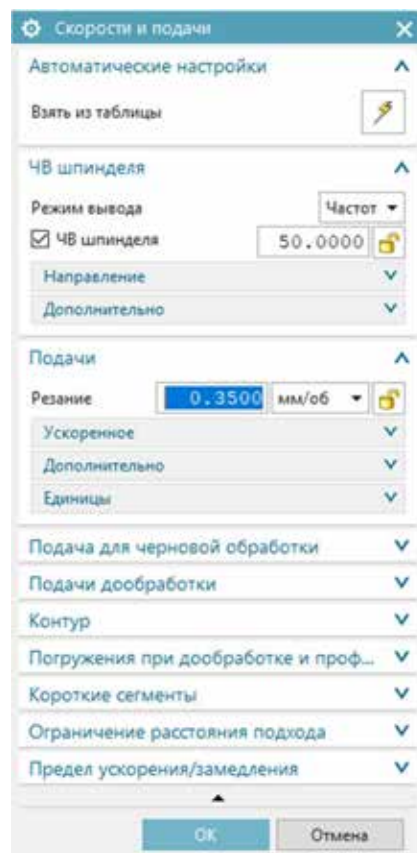


Рисунок 1.14 – Задавання частоти обертання і подачі

В групі CONTAINMENT задаємо розташування площини безпеки. Створюємо інструмент.

Далі створюємо переходи токарної обробки: чорнове розточування, чорнове нарізання канавки, чистове розточування, чистове нарізання канавки та чистове зовнішнє точіння. Генеруємо траєкторію і створюємо керуючу програму за допомоги постпроцесора. Траєкторії руху інструментів показані на рис. 1.15-1.18. Лістинг керуючої програми показаний на рис. 1.19.

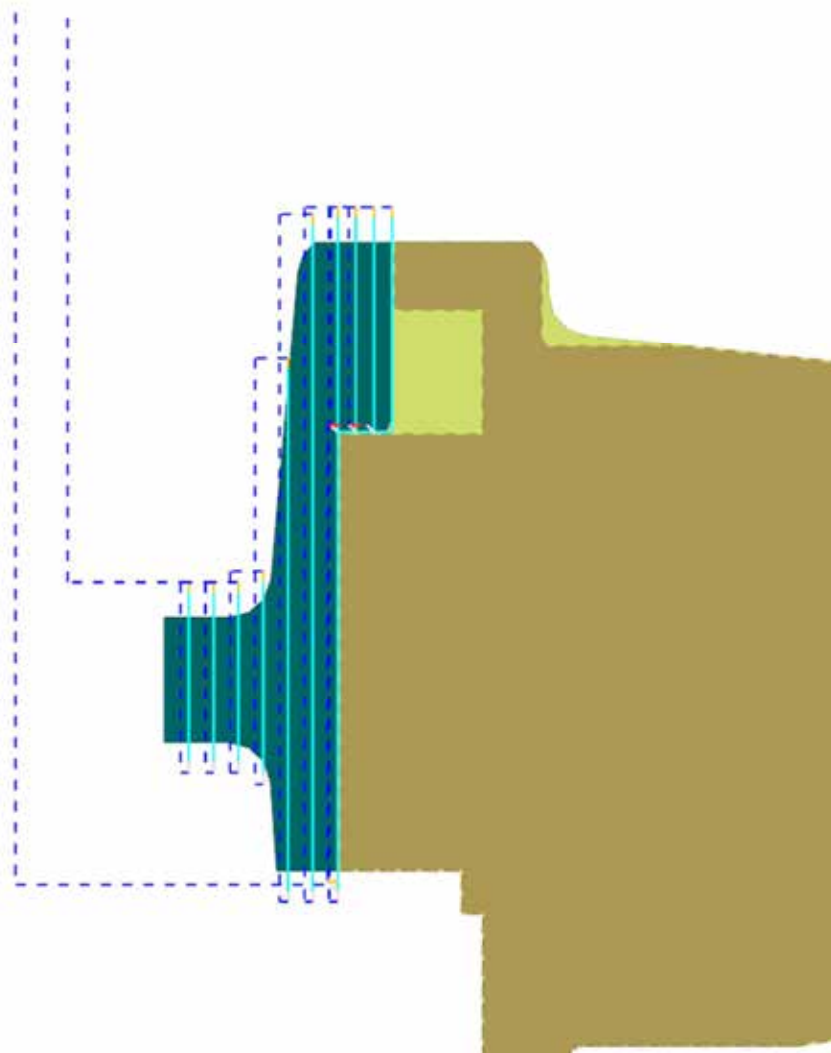


Рисунок 1.15 – Траєкторія руху інструмента

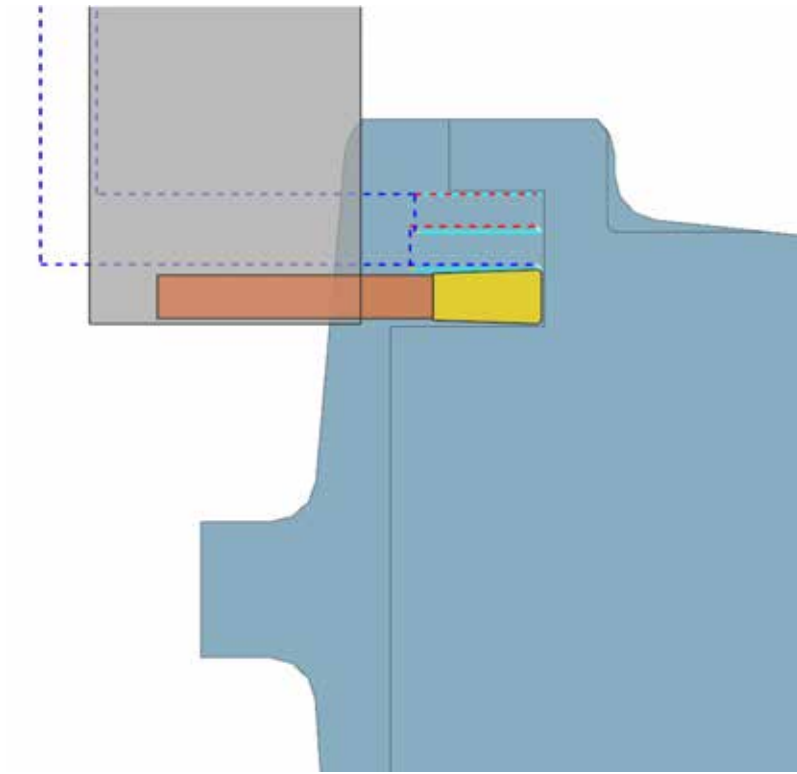


Рисунок 1.16 – Траєкторія руху інструмента

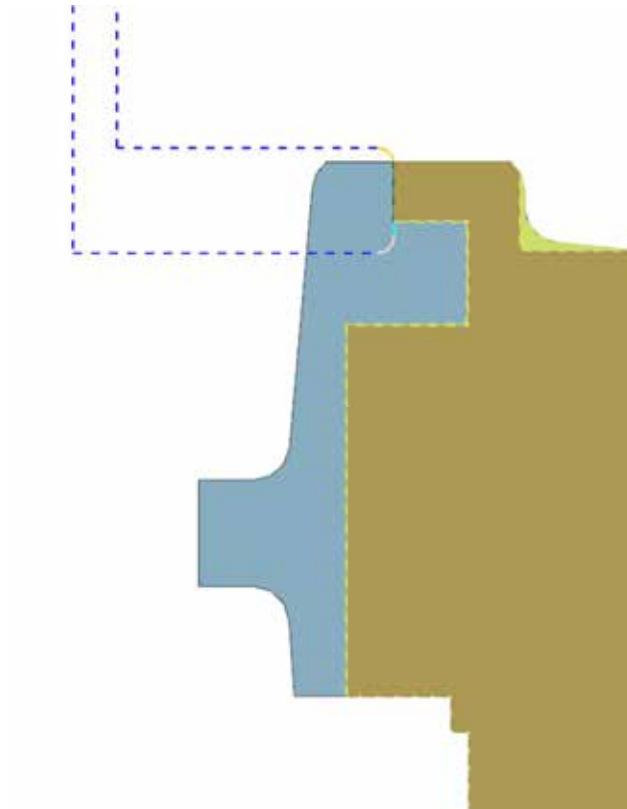


Рисунок 1.17 – Траєкторія руху інструмента

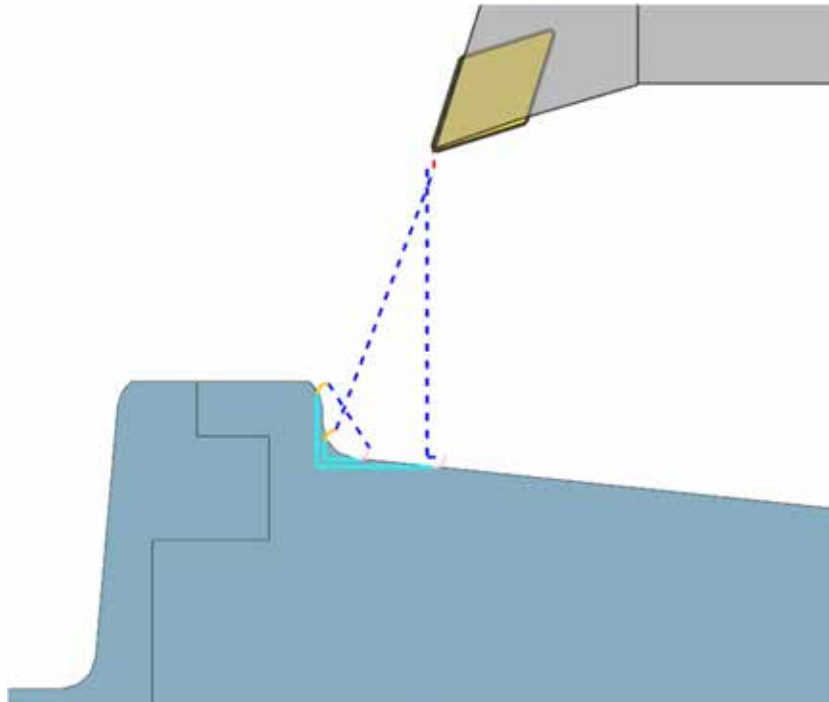


Рисунок 1.18 – Траєкторія руху інструмента

```

N0720 X3.7122
N0730 Z7.7262
N0740 X0.0 Z0.0
:0750 T04 M00 M06
N0760 G97 S0 M03
N0770 G94 X3.9563 Z7.7262
N0780 Z7.7018
N0790 Z6.5268
N0800 X5.3425
N0810 G92 S0
N0820 G96 M03
N0830 G95 G01 X5.3622 F.004
N0840 X5.8937
N0850 G04 X1
N0860 X5.874 F.0276
N0870 G94 G00 X5.3425
N0880 Z6.1614
N0890 G95 G01 X5.3622 F.004
N0900 X5.8937
N0910 X5.8701 Z6.185 F.0276
N0920 G94 G00 X5.3207
N0930 Z6.01
N0940 G95 G01 X5.3346 Z5.9961 F.004
N0950 X5.8937
N0960 X5.8701 Z6.0197 F.0276
N0970 G94 G00 X3.7122
N0980 Z7.7262
N0990 G50 X0.0 Z0.0
:1000 T02 M00 M06
N1010 G97 S0 M03
N1020 G94 X3.9563 Z7.7262
N1030 Z7.7018
N1040 Z6.732
N1050 X5.3976
N1060 G95 G03 X5.4921 Z6.6375 I0.0 K-.0945 F.004
N1070 G92 S0
N1080 G96 M03
N1090 G01 Z6.2483
N1100 G03 X5.3976 Z6.1538 I-.0945 K0.0 F.0276
N1110 G94 G00 X3.7122
N1120 Z7.7262
N1130 G50 X0.0 Z0.0
:1140 T04 M00 M06
N1150 G97 S0 M03
N1160 G94 X3.9563 Z7.7262
N1170 Z7.7018
N1180 Z6.3386
N1190 X5.356

```

Рисунок 1.19 – Лістинг керуючої програми

1.8.2 Розробка свердлильної операції

Розробимо керуючу програму на операцію 265Радіально-свердлильна. Операційний ескіз показаний на рис. 1.6.

Орієнтуємо систему координат верстата відносно деталі (рис. 1.20). Додаємо в файл заготовку. Задаємо в геометричній групі WORKPIECE деталь і заготовку.

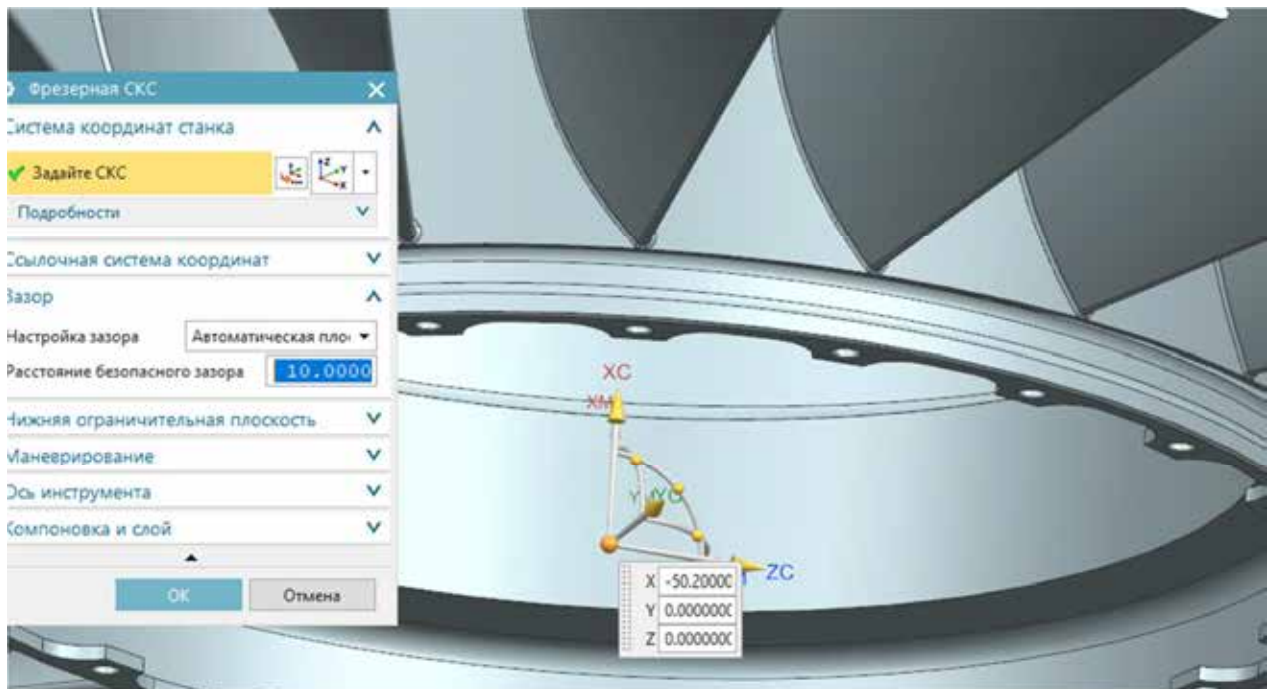


Рисунок 1.20 – Система координат верстата

Створюємо необхідні інструменти інструмента: свердло центрувальне (рис. 1.21), свердло спіральне, зенкер монолітний ра розгортка машина. Послідовно створюємо чотири переходи (в термінах NX CAM «Створення операції»). В кожному переході вказуємо 12 отворів, котрі необхідно обробити. Також задаємо параметри врізання та перебігу (рис. 1.22), а також режими різання (рис. 1.23).

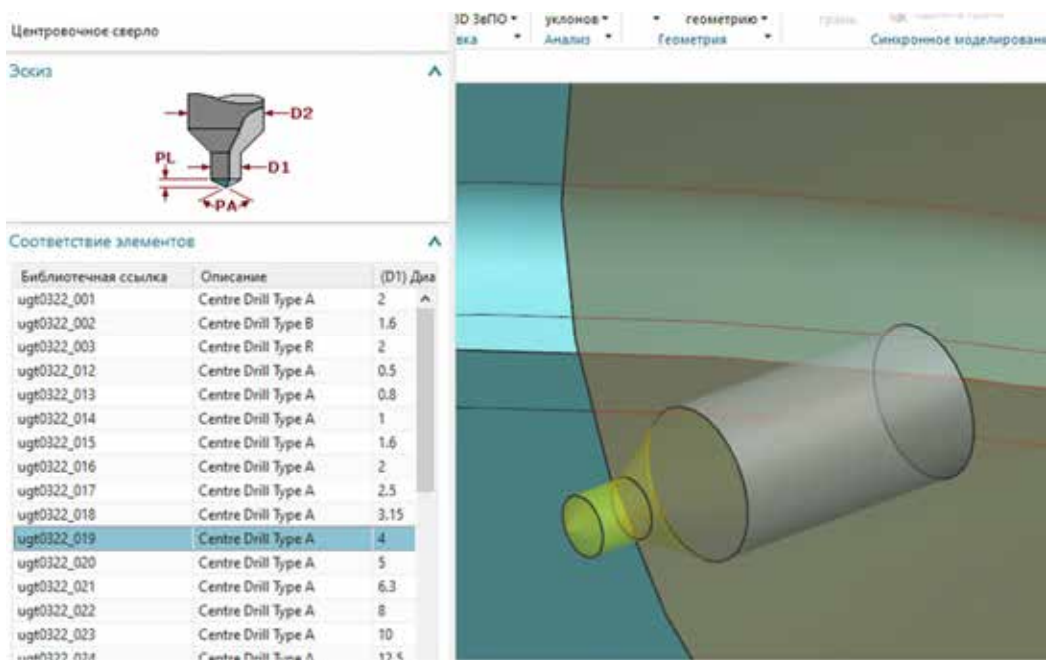


Рисунок 1.21 – Вибір інструмента із бібліотеки інструментів

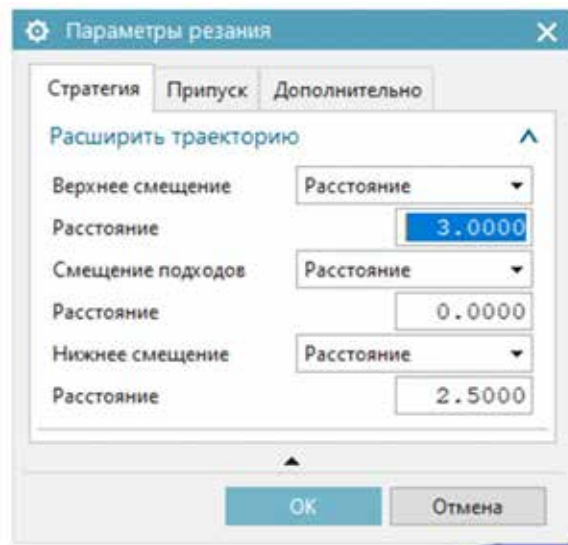


Рисунок 1.22 – Завдання параметри врізання та перебігу

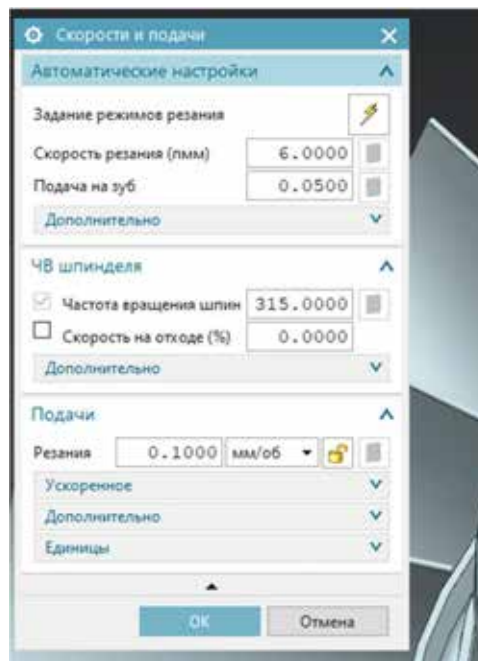


Рисунок 1.23 – Завдання режимів різання

Далі генеруємо траєкторії для кожного переходу (рис. 1.24) та постпроцесуємо для отримання керуючої програми.



Рисунок 1.24 – Траєкторія руху свердла

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Розробимо керуючу програму для фрезерної операції 315 (рис. 1.25).

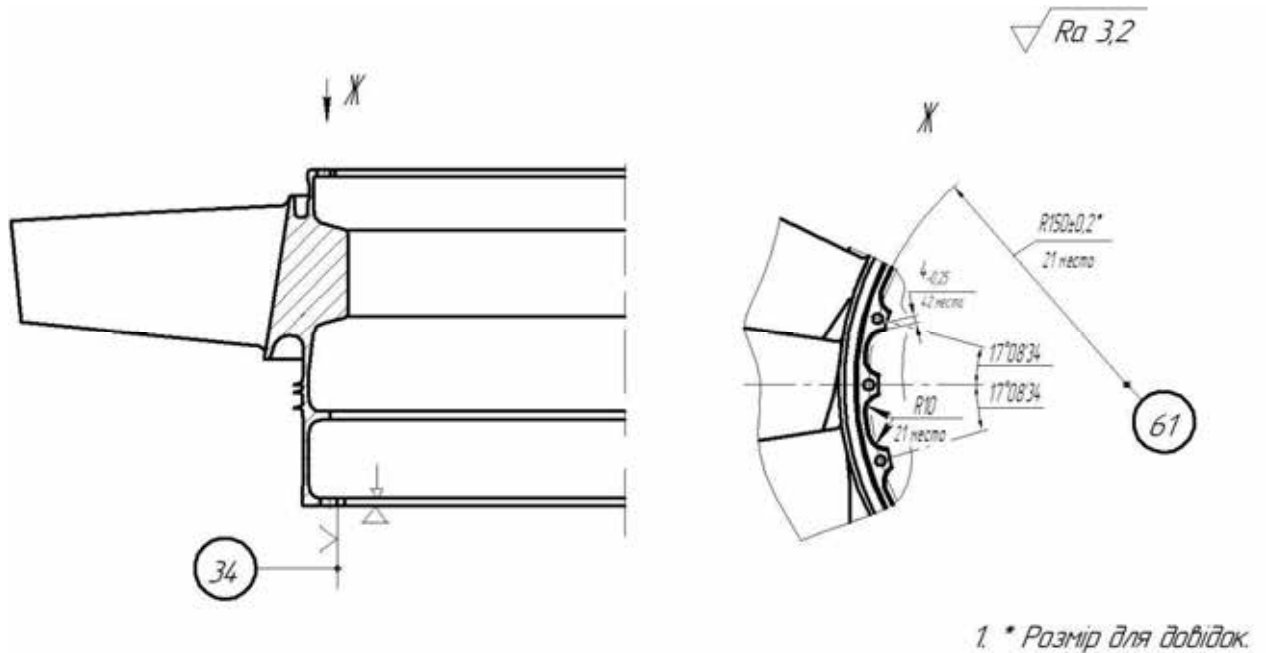


Рисунок 1.25 – Операційний ескіз

Як і при розробці токарної та свердлильної операції в файл, в якому будемо розробляти операцію, додаємо моделі деталі та заготовки, розміщуючи їх в геометричній групі WORKPIECE.

Орієнтуємо систему координат MCS_MILL, відносно деталі (рис. 1.26). Створюємо інструмент – кінцеву фрезу на базі інструмента зі стандартної бібліотеки.

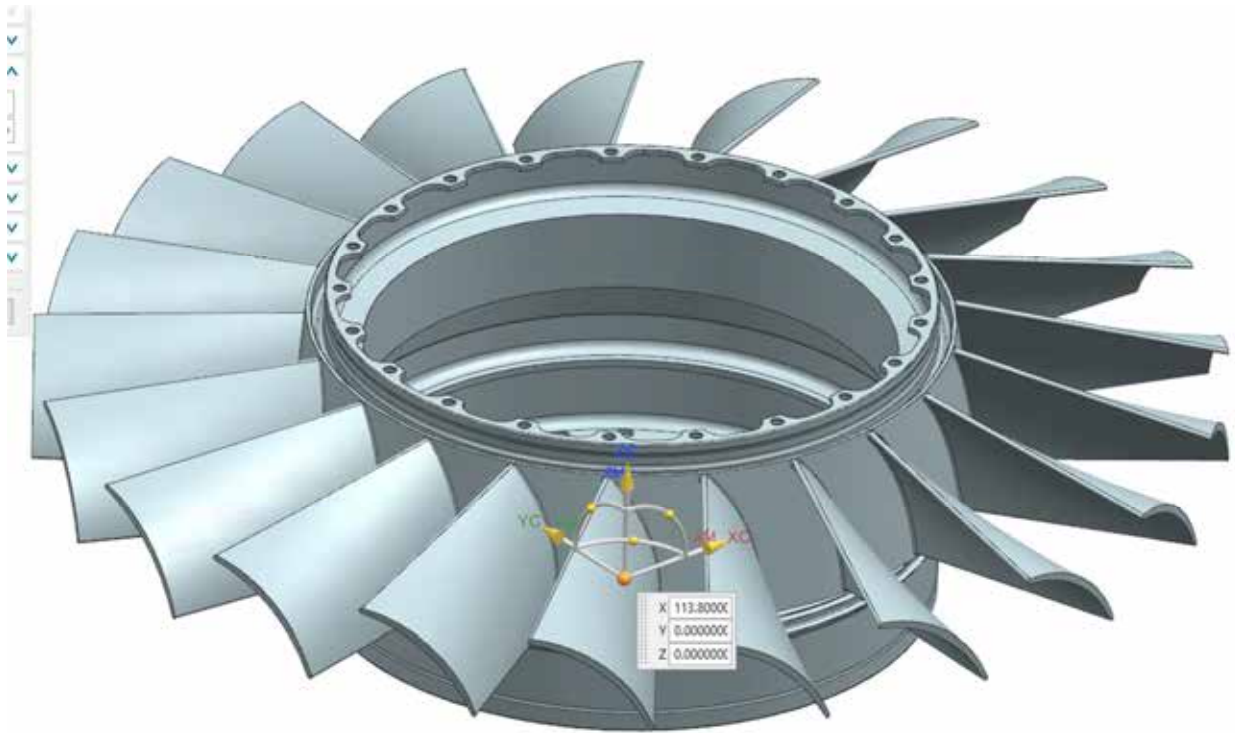


Рисунок 1.26 – Система координат верстата

Далі створюємо перехід фрезерування на базі «операції контурної чистової обробки». Задаємо в цій операції геометрію, що обмежує області зняття припуску. Задаємо режими різання. Генеруємо траєкторію руху інструмента. І нарешті виконуємо постпроцесування і отримуємо керуючу програму в G-кодах. На рис. 1.27 показане моделювання зняття припуску під час обробки, а на рис. 1.28 показана траєкторія руху фрези.

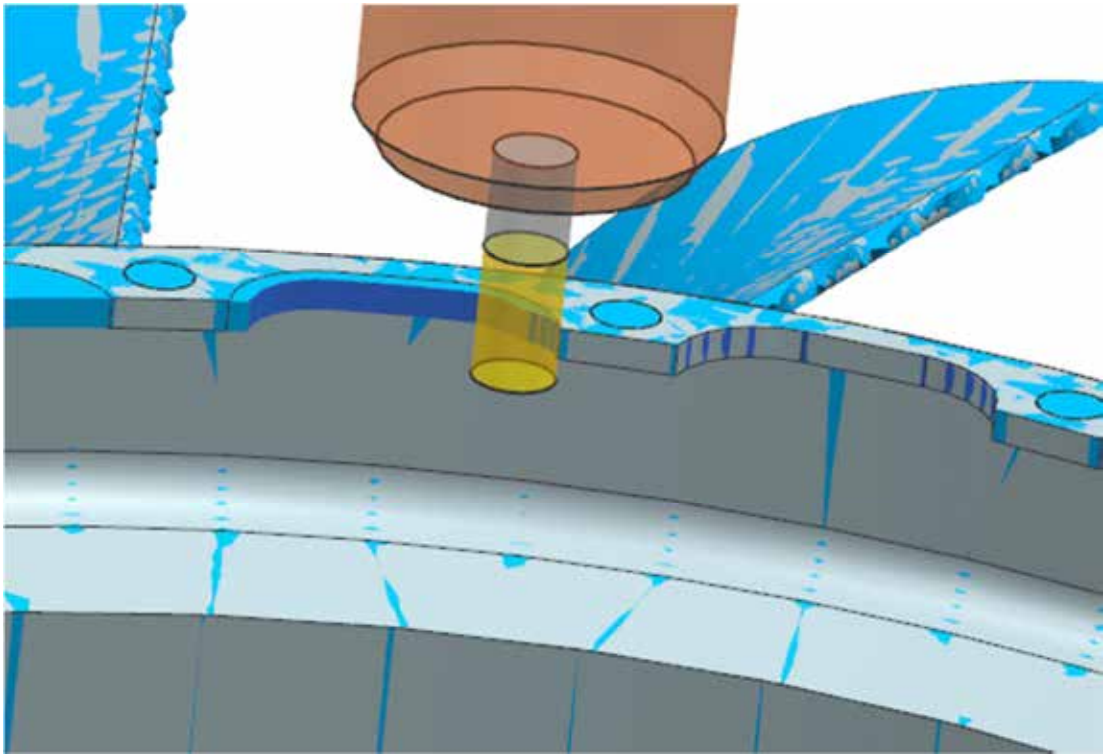


Рисунок 1.27 – Заготовка в процесі фрезерування

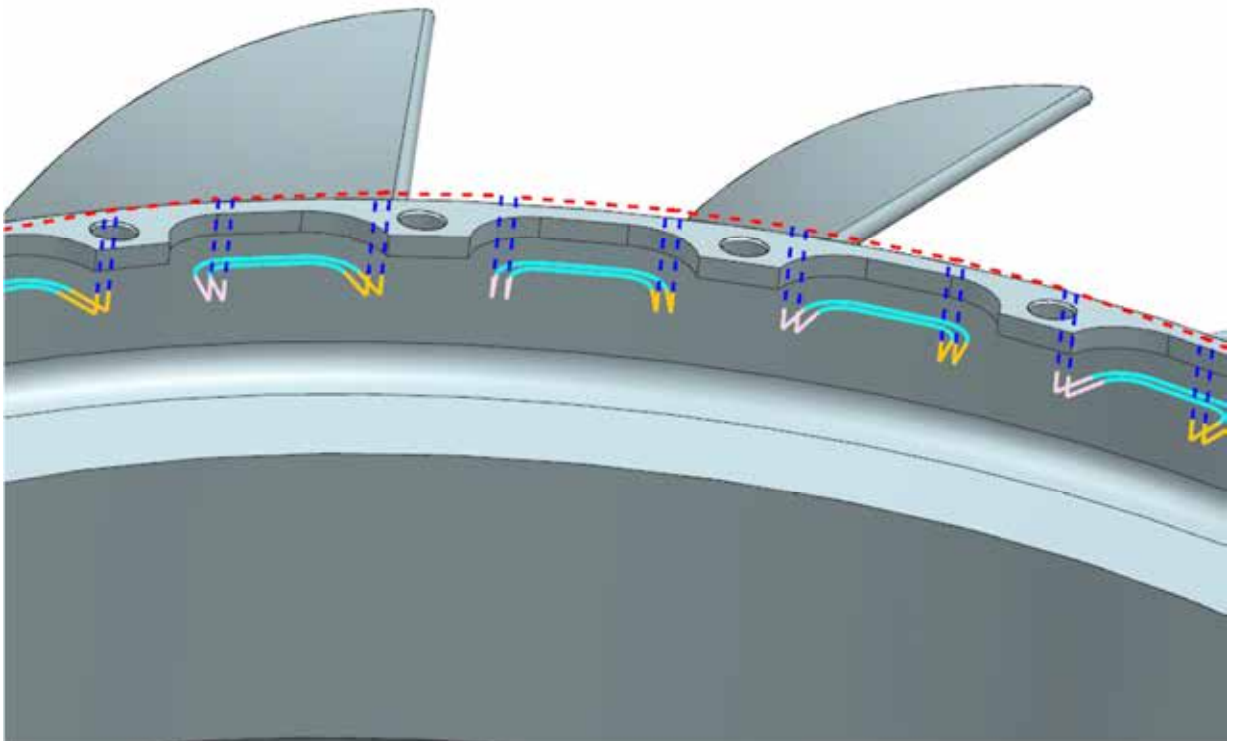


Рисунок 1.28 – Траєкторія руху фрези

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Робоче пристосування призначено для встановлення заготовки на токарних верстатах, що оснащенні власним пневматичним приводом.

Пристосування (рис. 2.1) працює наступним чином. Затискне зусилля генерується пневоциліндром, до якого через систему підводиться стиснуте повітря. Далі через стяжну муфту, болт, тягу зусилля передається на 3 затискачі, що рухаються у втулках. Заготовка встановлюється у встановчий диск. Елементи пристосування складаються у корпусі. Базування пристосування на токарному верстаті здійснюється за допомогою планшайби. Спеціальні пази в прижимах виконані таким чином, щоб при повздовжньому переміщенні вони оберталися навколо власної вісі, щоб облегшити зняття деталі з верстата.

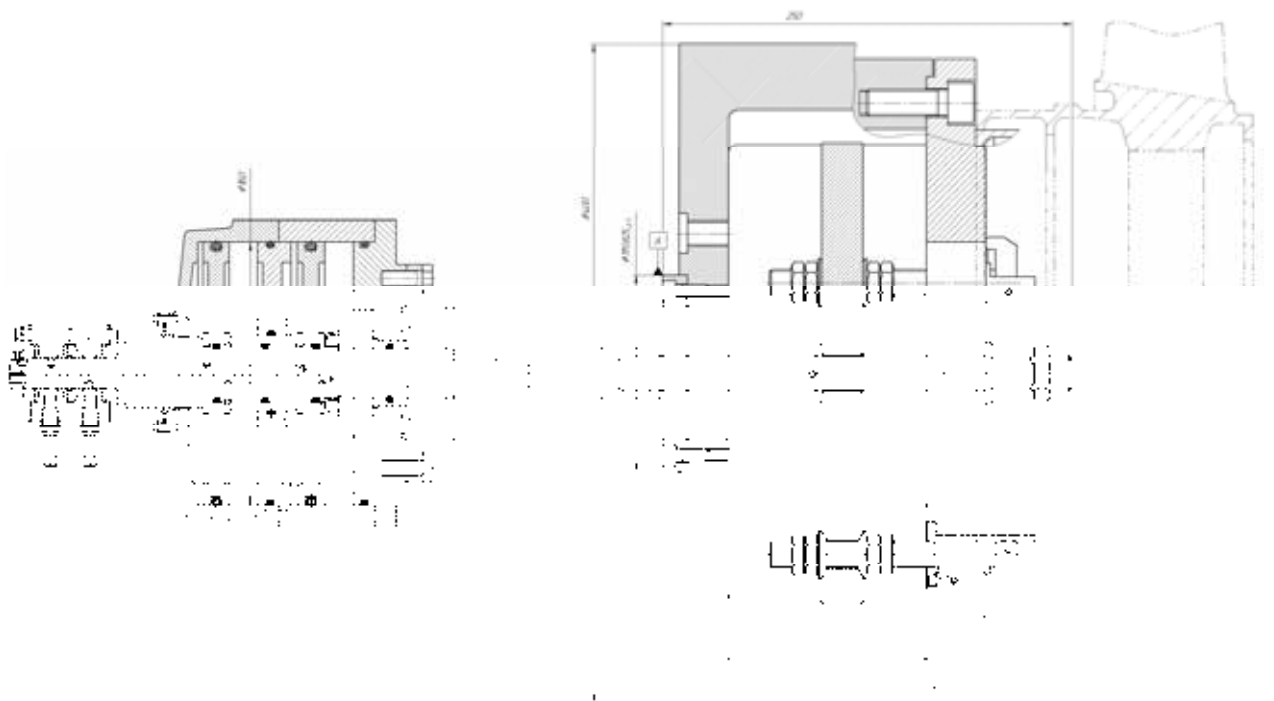


Рисунок 2.1 – Робоче пристосування

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Методика розрахунку пристосування на точність базується на тому, що сума похибок, що виникають в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір обробки.

$$T_{\text{обр}} > \sum_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = \varepsilon_{\text{вст}} + \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{наст}} + \varepsilon_{\text{обр}}, \quad (2.2)$$

де $\varepsilon_{\text{вст}}$ – частина похибки обробки, що залежить від обраної схеми установки заготовки в пристосування. Похибка установки дорівнює нулю, так як настроювальна база співпадає з установчою базою – $\varepsilon_{\text{уст}} = 0$ мм.

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення настановних елементів, їх зносу і установки пристосування на металорізальному верстаті.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \quad (2.3)$$

де: Δ_1 – похибка, обумовлена неточністю виготовлення установчих елементів;

$$\Delta_1 = T_{\text{y.e.}} = 0,003 \text{ мм [9].}$$

$\Delta_2 = 0,001$ мм – похибка залежить від величини допустимого зношування установчих елементів [9];

Δ_3 – похибка яка виникає при установці пристосування на металорізальному верстаті [9]. В нашому випадку, вона дорівнює $\Delta_3 = 0$ мм, оскільки цанга попередньо проточується на верстаті, в якому буде здійснюватись обробка.

$$\varepsilon_{np} = 0,003 + 0,001 + 0 = 0,004 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{настр}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення настроювальних елементів пристосування і процесу настройки, $\varepsilon_{настр} = 0,002$ мм [9].

$\varepsilon_{обр}$ – частина похибки обробки, що залежить від зношування ріжучого інструменту, геометричній неточності виготовлення верстата, пружних і теплових деформацій системи ВПД.

$$\varepsilon_{обр} = \Delta_4 + \Delta_5 + \Delta_6 + \Delta_7 \quad (2.4)$$

де $\Delta_4 = 0,001$ мм – величина допуску зношування ріжучого інструменту [9];

$\Delta_5 = 0,002$ мм – величина похибки, що залежить від геометричній неточності виготовлення металорізальних верстатів [9];

$\Delta_6 = 0,001$ мм – величина похибки, що залежить від деформацій системи ВПД [9];

$\Delta_7 = 0,001$ мм – величина похибки, що залежить від температурних деформацій системи ВПД [9];

Таким чином, похибка становить:

$$\varepsilon_{обр} = 0,001 + 0,002 + 0,001 + 0,001 = 0,005 \text{ мм.}$$

Сумарна похибка обробки:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0 + 0,004 + 0,002 + 0,005 = 0,011 \text{ мм,}$$

За умовами розрахунку пристосування на точність, сума похибок, що виникають в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір.

Виконавчий розмір при точінні $\varnothing 116^{+0,035}$.

Величина допуску на розмір обробки становить $T = 0,035$ мм, сума похибок $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0,011$ мм.

Дане пристосування дозволяє при токарній обробці витримати заданий розмір з допуском на нього $0,035$ мм.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Перед початком конструювання пневматичного пристосування необхідно визначити діаметр робочої порожнини пневмоциліндра.

Для цього, визначимо окружну силу різання при точінні [10, с. 271]

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p, \text{ Н} \quad (2.5)$$

де $C_p = 204$ [10, табл. 22, с. 273];

$t = 2$ мм;

$s = 0,12$ мм/об;

$v = 52$ м/хв;

$x = 1,0$ [10, табл. 22, с. 273];

$y = 0,75$ [10, табл. 22, с. 273];

$n = 0$ [10, табл. 22, с. 273];

Загальний поправочний коефіцієнт на силу різання визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \text{ Н} \quad (2.6)$$

де $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{1100}{750}\right)^{0,75} = 1,33$ [10, табл. 9, с. 264];

$K_{\varphi p} = 0,89$ [10, табл. 23, с. 275];

$K_{\gamma p} = 1,1$ [10, табл. 23, с. 275];

$$K_{\lambda p} = 1 \text{ [10, табл. 23, с. 275];}$$

$$K_{rp} = 0,87 \text{ [10, табл. 23, с. 275].}$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 52^0 \cdot 1,33 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 1604 \text{ ; Н}$$

Далі необхідно визначити зусилля Q і силу затиску P . Згідно зі схемою затискають пристрої з сілообразующiми ланками визначимо зусилля:

$$Q = k \frac{P_z}{f_1 + f_2} \quad (2.7)$$

де: $f_1 = 0,15$, $f_2 = 0,15$ – коефіцієнти тертя заготовки о базуочу поверхню і поверхнею штока-прихвата [11, табл. 6.4, с. 132];

k – коефіцієнт запаса:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.8)$$

де: k_0 – гарантований коефіцієнт запасу закріплення, $k_0 = 1,5$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_1 – коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні деталі, для чистової обробки – $k_1 = 1,0$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання, внаслідок прогресуючого зносу інструменту – $k_2 = 1,2$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_3 – коефіцієнт, що враховує зміни сил, при переривчастому різанні, для фрезерування $k_3 = 1,3$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_4 – коефіцієнт, що враховує вид пристосування, для механізованих пристосувань $k_4 = 1,0$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_5 – коефіцієнт, що характеризує зручність рукоятки для ручних затискачів, для механізованих пристосувань $k_5 = 1,0$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_6 – коефіцієнт, що враховує положення заготовки, $k_6 = 1,3$ [11, табл. 6.5, с. 133].

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 = 3,04$$

Визначимо еквівалентну силу:

$$Q = 3,04 \frac{1604}{0,15 + 0,15} = 16\,268 \text{ Н.}$$

Виходячи з розрахункового зусилля на штоку і прийнятого тиску повітря в мережі – 4 атм., Вибираємо діаметр робочої порожнини циліндра $D=160$ мм. Діаметр штока дорівнює $d = 36$ мм.

Згідно з прийнятими даними, визначимо зусилля на штоку [11, табл. 6.11, с. 151]. Для пневмоциліндра двосторонньої дії сила, що тягне шток, дорівнює:

$$W = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (2.10)$$

де $D = 160$ мм – діаметр робочої порожнини циліндра;

$d = 36$ мм – діаметр штока;

$p = 0,4$ МПа – тиск повітря в мережі;

$\eta = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії;

$$W = \frac{3,14}{4} (160^2 - 36^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 17390 \text{ Н,}$$

Порівнюючи отримане значення зусилля на штоку з розрахунковим зусиллям, що залежать від сили різання, видно що $W > Q$, дана умова забезпечує надійне закріплення деталі.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Контрольне пристосування призначене для контролю радіального биття внутрішньої циліндричної поверхні, відносно торця деталі. Контрольне пристосування (рис. 2.2) складається з нахиленої плити, на яку встановлюється вимірювана деталь. Внутрішня поверхня контрольованої деталі контролюється індикатором годинникового типу. Індикатор встановлюється в рухомому стійку. Для настройки пристосування використовується еталонна деталь «моноколесо».

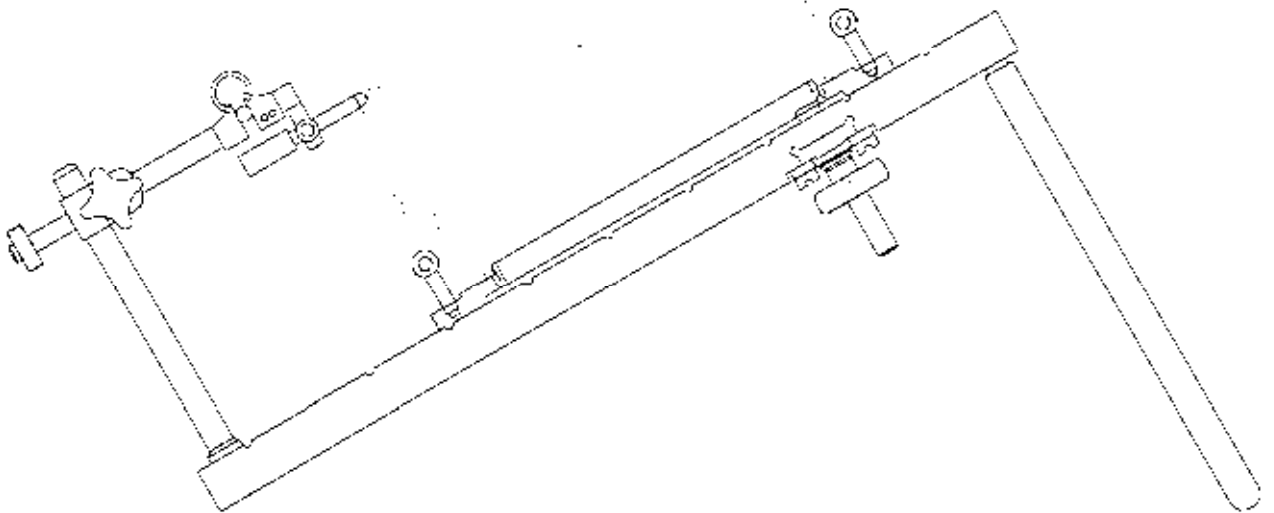


Рисунок 2.2 – Контрольне пристосування

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ СЛЮСАРНИХ ОПЕРАЦІЙ

Автоматизація слюсарних операцій є досить складною проблемою. Очищення деталі від задирок і округлення гострих кромek необхідні для формування товарного вигляду виготовлених деталей, а також забезпечення правильної їх працездатності. На даний момент велика кількість слюсарних операцій залишається неавтоматизованими.

Автоматизація слюсарних операцій при виборі методу обробки полягає в тому, що потрібно:

- врахувати конструктивні особливості деталей, що підлягають обробці і доступності оброблюваних поверхонь;
- врахувати серійність виробництва;
- врахувати масо-габаритні характеристики деталей;
- облік матеріал, з якої виготовлена деталь або матеріалів, які входять в складальну одиницю;
- обґрунтувати неможливість обробки деталі іншим менш небезпечним або шкідливим методом;
- проаналізувати застосовувані при проведенні слюсарної операції матеріали на предмет їх екологічної безпеки. Все екологічно небезпечні процеси повинні мати замкнутий цикл використання рідин і систему очищення повітря, що викидається в атмосферу.

Можливі методи автоматизації видалення задирок і округлення гострих кромek наведені на рис. 1 [12].

Далі розглянемо найбільш поширені методи.

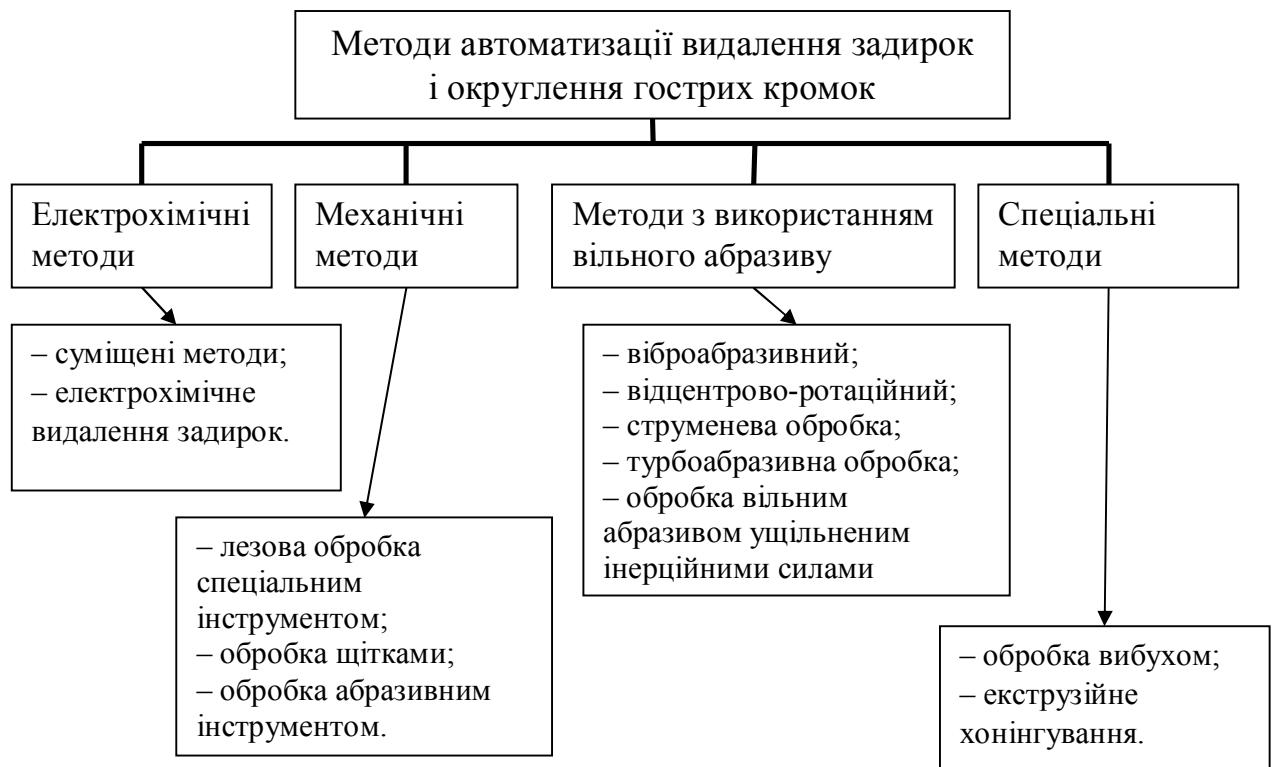


Рисунок 3.1 – Методи автоматизації слюсарних операцій[12]

3.1 Вібpaційна обробка

Найбільш поширеним методом обробки вільними абразивами є вібраційна обробка, яка в залежності від характеру застосовуваної робочої рідини являє собою механічний або хіміко-механічний процес знімання найдрібніших частинок металу або його оксидів з оброблюваної поверхні, а також згладжування мікронерівностей шляхом їх пластичного деформування частинками робочого середовища, які здійснюють в процесі роботи коливальні рухи.

Оброблювані деталі завантажуються в робочу камеру, заповнену робочим середовищем необхідної характеристики. Робоча камера, встановлена на пружній підвісці, може коливатися в різних напрямках.

Вона приводиться в рух інерційним вібратором з частотою до 50 Гц і амплітудою від 0,5 до 8 мм. В процесі обробки деталі і частки робочого середовища переміщуються, роблячи два види рухів: коливання і повільне обертання всієї маси завантаження (циркуляційний рух). від

стінок робочої камери вібрація передається прилеглим верствам робочого середовища, які повідомляють її наступним верствам і т. д. На рис. 3.2 представлена робоча зона тороїдальної віброполірувальної установки. В процесі обробки деталі займають різні положення в робочому середовищі, що забезпечує досить рівномірну обробку всіх поверхонь. Постійно коливається маса абразивних гранул утримує оброблювані деталі в підвішеному стані, виключаючи грубі забоїни і пошкодження. Це дозволяє обробляти деталі малої жорсткості. В результаті циркуляції обробка відбувається в усіх зонах робочої камери. Найбільш ефективно обробка відбувається біля дна камери, де тиск робочого середовища вище.

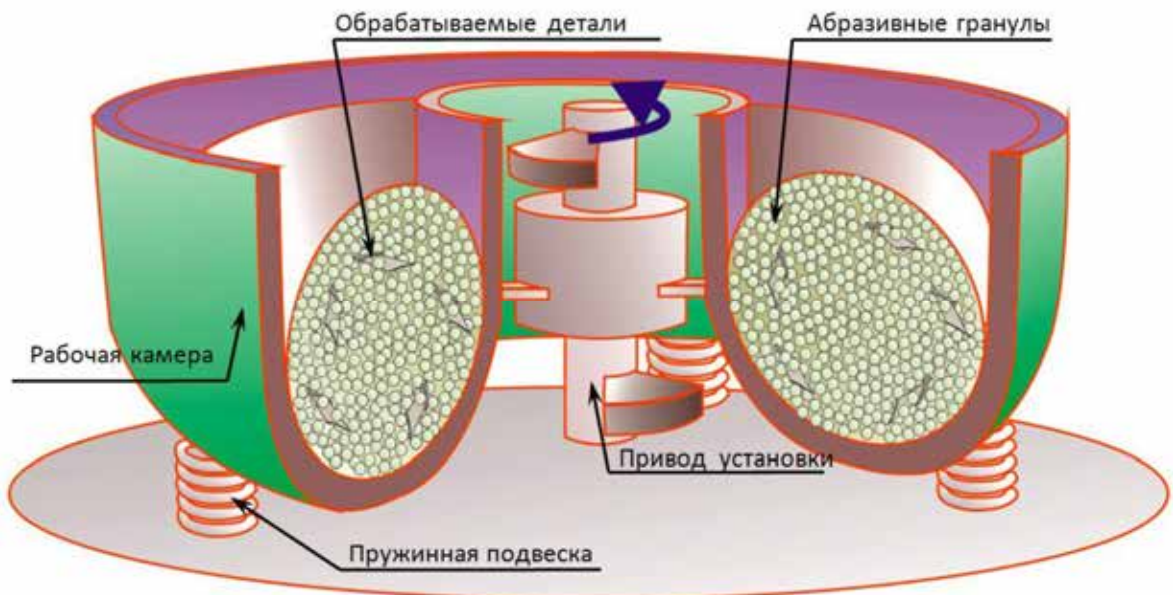


Рисунок 3.2 – Робоча зона тороїдальної віброполірувальної установки [12]

Більшість операцій вібраційної обробки виробляються з безперервною або періодичною подачею технологічної рідини, яка забезпечує видалення продуктів зносу (часток металу і абразиву) з поверхонь деталей і часток робочого середовища, змочує деталі і середу, допомагає їх поділу і

рівномірному розподілу деталей в робочому середовищі, сприяє охолодженню оброблюваних деталей. Конструкції вібраційних верстатів дозволяють застосовувати різні поєднання твердих, рідких і змішаних компонентів робочих середовищ. Це створює умови протікання хімічних і електрохімічних процесів. Вібраційна обробка відбувається в умовах відносно високої активності оброблюваної поверхні внаслідок її очищення від оксидів і забруднень і застосування відповідних технологічних рідин.

Обсяг робочої камери може змінюватися від 0,1 дм³ до декількох кубометрів, що дозволяє проводити обробку різних за розмірами деталей (від голок клапанів до панелей крила літака). Робочі камери відрізняються не тільки за обсягом, але і за формою. На рис. 3.3, 3.4 представлені віброполірувальні установки різної форми.

На рис. 3.3 показана тороїдальна віброполірувальна установка. Вона є найбільш універсальною і може застосовуватися у виробництві різної серійності від дрібносерійного до багатосерійного. За однією установкою може бути закріплено велика кількість деталей з різним часом, що вимагаються для обробки. Обмежуючим фактором є габарити установки і абразивні гранули, завантажені в неї. Деталі повинні вільно поміщатися в робочу камеру, а гранули – вільно входити в усі радіуси деталей і не застрягати в отворах, якщо вони є в деталі.

На рис. 3.4 показана лоткова віброполірувальна установка. Вона призначена для обробки великогабаритних деталей (панелі крила літака і ін.).

Основними технологічними факторами є амплітуда і частота коливань, характеристики робочого середовища, матеріалу деталей і час обробки.

Особливістю віброабразивної обробки є одночасна обробка великої кількості деталей без закріплення, можливість обробки деталей різних розмірів і малої жорсткості. Особливим випадком є обробка в віброполірувальних установках закріплених деталей (рис. 3.5). Така технологія застосовується при необхідності обробки внутрішніх каналів або отворів, але слід пам'ятати, що абразивні гранули не повинні в них застрягати. В процесі обробки деталь утримується пристосуванням на одному місці, а потік абразивних гранул обтікає її зовні і всередині.



Рисунок 3.3 – Тороїдальна віброполірувальна установка [12]

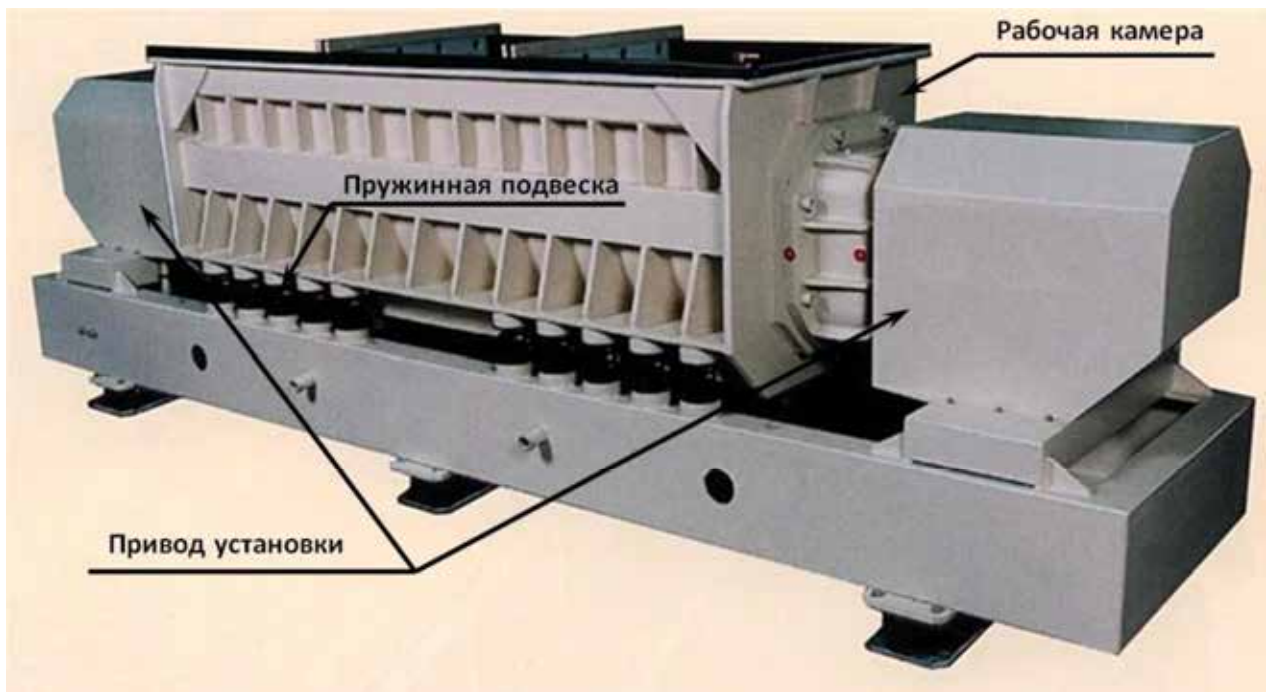


Рисунок 3.4 – Лоткова віброполірувальна установка [12]

Найбільш інтенсивно знімання матеріалу відбувається на краях оброблюваних деталей, як це показано на рис. 3.6. Перші 10 ч обробки діє співвідношення $\Delta_R/\Delta_P = 10$.



Рисунок 3.5 – Тороїдальна віброполірувальна установка з закріпленням оброблюваних деталей [12]

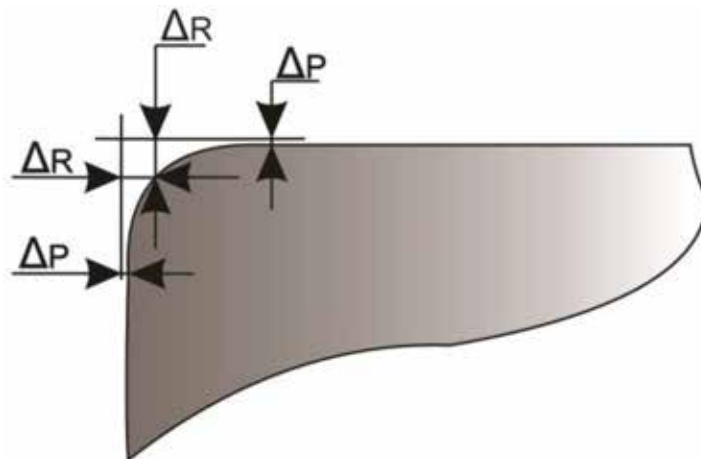


Рисунок 3.6 – Схема заокруглення кромки під час віброполірувальної обробки [12]

3.2 Відцентрово-ротаційна обробка

Спосіб об'ємної відцентрово-ротаційної обробки полягає в тому, що гранульована обробна середовище та деталі наводяться в обертальний рух навколо вертикальної осі таким чином, що набувають форму тора, в якому частинки рухаються по спіральних траєкторіях. Тороїдально-гвинтовий потік забезпечується конструкцією робочої камери верстата, що складається з нерухомої обечайки і ротора, що примикає до неї, який має в найбільш поширеному варіанті форму тарілки. На рис. 3.7 показана робоча зона відцентрово-ротаційної установки, а на рис. 3.8 показана працююча установка.

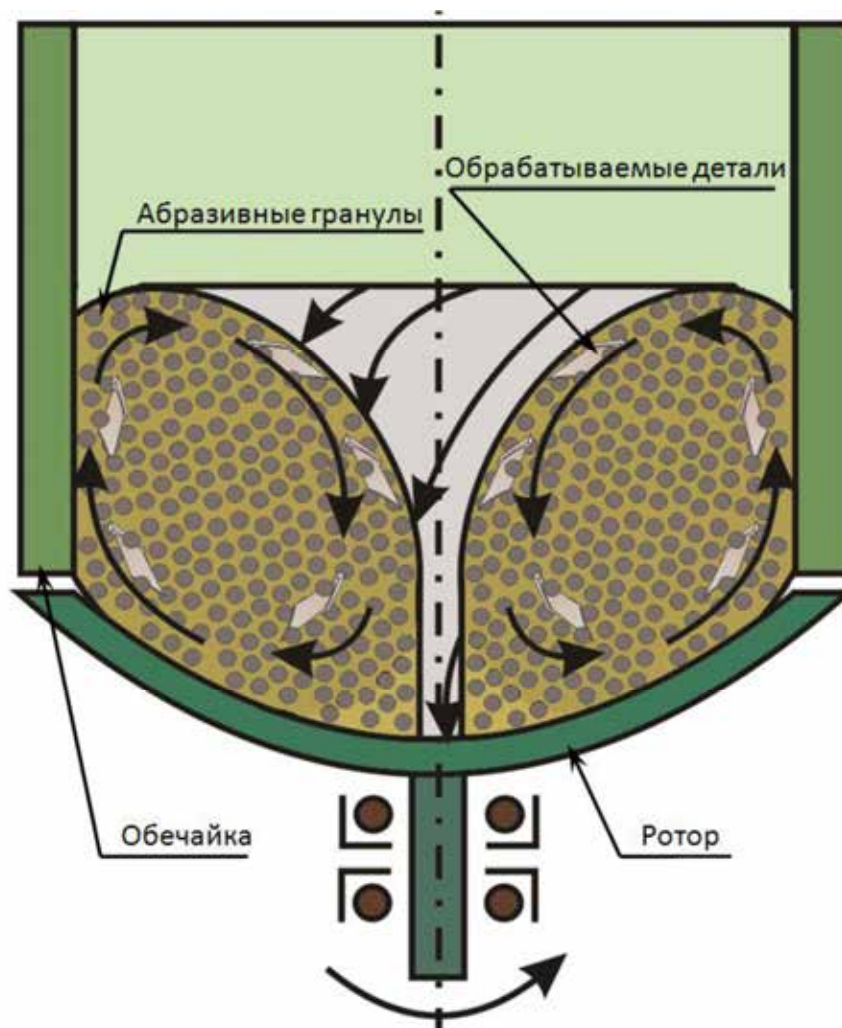


Рисунок 3.7 – Робоча зона відцентрово-ротаційної установки [12]



Рисунок 3.8 – Відцентрово-ротаційна установка [12]

Оброблювані деталі завантажуються в робочу камеру «внавал» і переміщуються разом з робочим середовищем. Знімання металу здійснюється за рахунок відносного переміщення і взаємодії абразивних гранул і деталей, що змочуються рідиною, яка безперервно подається в робочу камеру. Таким чином, можуть оброблятися деталі різної геометричної форми, що мають достатню жорсткість, щоб не деформуватися в тороїдально-гвинтовому потоці. Відцентрово-ротаційна обробка також є «безрозмірною» і дозволяє отримати високу інтенсивність обробки за рахунок великих швидкостей переміщення компонентів тороїдально-гвинтового потоку. Вільне переміщення і циркуляція деталей в потоці сприяє їх рівномірної обробці. Технологічна рідина забезпечує видалення стружки і шламу з поверхні деталей і часток робочого середовища, змочує їх, сприяє охолодженню оброблюваних деталей.

Інтенсивність відцентрово-ротаційної обробки залежить від швидкості обертання ротора і тривалості обробки, характеристики і розмірів частинок

робочого середовища, обсягу робочої камери, механічних властивостей матеріалу оброблюваної деталі і т. п.

Конструкція верстатів для відцентрово-ротаційної обробки також дозволяє застосовувати поєднання різних твердих і рідких компонентів, створюючи умови для протікання хімічних і електрохімічних процесів.

Особливості відцентрово-ротаційної обробки полягають у високій інтенсивності обробки, підвищеному зносі робочої середовища, одночасній обробці партії деталей, обробці деталей невеликих розмірів, можливості деформації деталей малої жорсткості.

Як при вібраційній обробці, так і при відцентрово-ротаційній в якості робочого середовища застосовуються абразивні гранули, які відрізняються за формою, розміром і зернистості абразиву, який входить до їх складу. На рис. 3.9 та 3.10 представлені приклади абразивних гранул. При відцентрово-ротаційній обробці співвідношення $\Delta_R/\Delta_P = 10$ діє перші 4 години обробки.



Рисунок 3.9 – Абразивні гранули, виготовлені вітчизняними виробниками [12]



Рисунок 3.10 – Абразивні гранули, виготовлені фірмою RÖSLER [12]

3.2 Струменево-абразивна обробка

Спосіб струменево-абразивної обробки полягає в використанні ефекту удару частинок оброблюваного матеріалу про оброблювану поверхню. Фізична картина процесу аналогічна зношуванню матеріалів, що знаходяться під дією потоку частинок. При цьому, крім знімання металу з поверхні, спостерігається її

зміцнення і зміна мікрогеометрії, а в тонких поверхневих шарах виникає напруга стиснення.

При цьому методі обробки можуть застосовуватися різні робочі матеріали. Робочі установки розрізняються по конструкції, ступеню автоматизації (рис. 3.11) і принципу розгону робочого середовища (рис. 3.12).

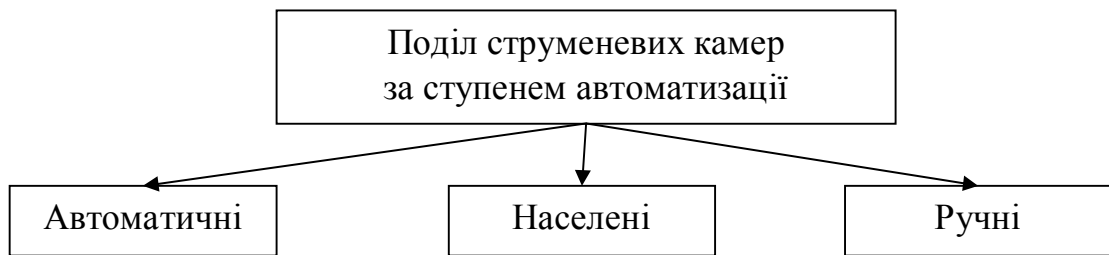


Рисунок 3.11 – Поділ струменевих камер за ступенем автоматизації [12]

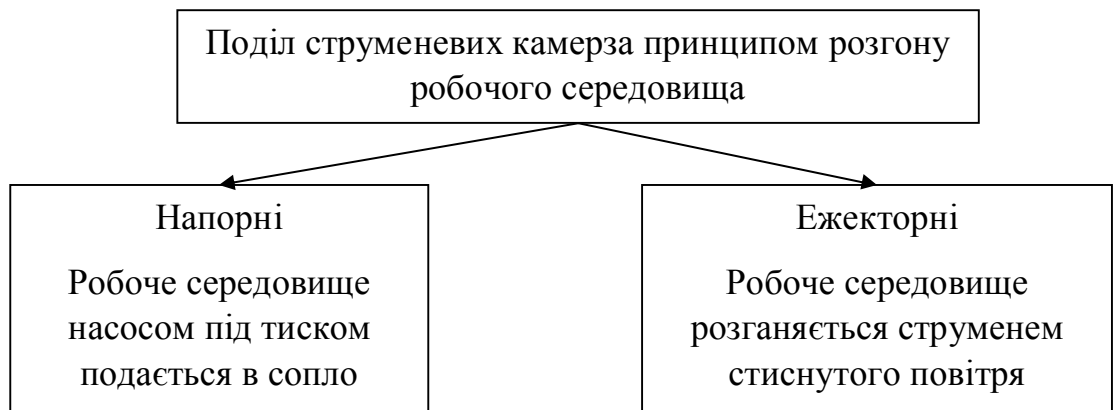


Рисунок 3.12 – Поділ струменевих камер за принципом розгону робочого середовища [12]

Принципова схема струменевої обробки приведена нижче нарис. 3.13. Частинки абразивного матеріалу надходять в струменевий апарат, де за допомогою енергії стиснутого повітря розганяються до швидкості 100-200 м/с і розпоршуються соплом у вигляді струменя. Остання направляється на деталь і обробляє її, вдаряючись з поверхнею. Основними технологічними факторами, що впливають на результати обробки, є тиск стисненого повітря, вид

абразивного матеріалу і його зернистість, кут атаки струменя, довжина струменя, час обробки.

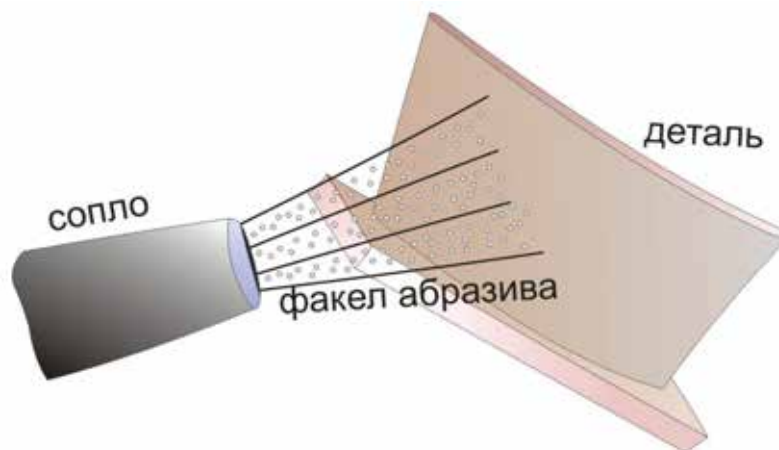


Рисунок 3.13 – Схема струменево-абразивної обробки [12]

На ефективність процесу впливає також і конструкція струминного апарату. Продуктивність струменевої обробки і якість обробленої поверхні залежить від вищевказаних чинників, а також від початкового стану оброблюваної поверхні (мікрогеометрії, механічних характеристик). Обробка також є «безрозмірною».

Особливості струменевої обробки: виконується обробка однієї або декількох закріплених деталей, необхідність переміщення сопла уздовж деталі, обробка деталей різних розмірів, необхідність влаштування для збору і повернення в струменевий апарат абразивних частинок.

Струменева обробка вільним абразивом дозволяє:

- видаляти окалину;
- заокруглювати кромки;
- видаляти задирки.

Позитивними сторонами струменевої обробки є висока інтенсивність і універсальність. Негативними сторонами цього виду обробки є наявність знімання матеріалу і необхідність захищати оператора від абразивного пилу.

В авіабудуванні та інших галузях машинобудування застосування вільного абразиву часто обмежується неприпустимістю наявності знімання матеріалу і ефекту шаржування елементів абразивних зерен в оброблюваний матеріал. Так є

абсолютно неприпустимим шаржування абразивних частинок в деталь маслосистем авіаційних двигунів. У таких випадках доцільним стає застосування в якості робочих частинок фруктової кістки або мікродробі (рис. 3.14та 3.15).

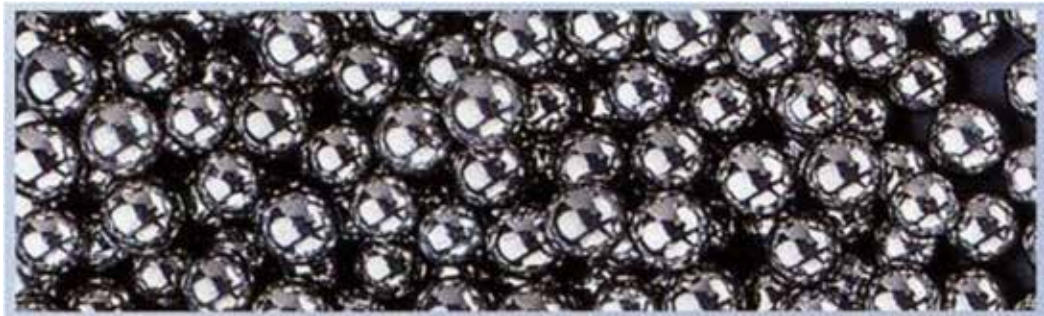


Рисунок 3.14 – Металевий дріб, що застосовується для струменевої обробки [12]

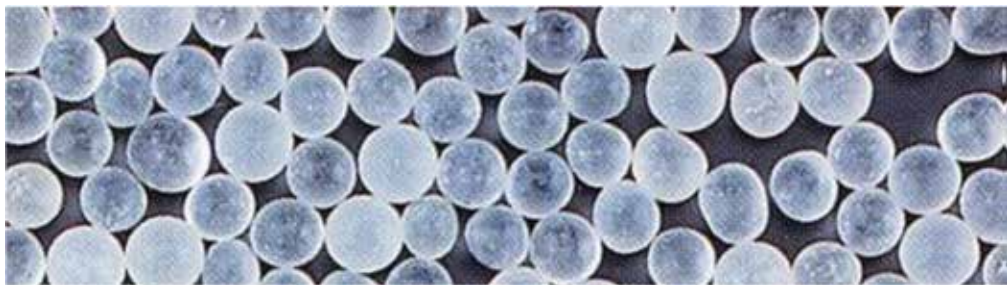


Рисунок 3.15 – Скляний дріб, що застосовується для струменевої обробки [12]

Ефект шаржування при цих видах обдування присутній, але значно менше, ніж при обдуванні абразивом. Частинок цього випадку проникають не більше ніж на 1 мкм. Матеріал мікродробі в даному випадку повинен бути хімічно пасивний до матеріалу оброблюваної деталі, повинна бути виключена реакція окислення. Мікродріб виготовляється з різних матеріалів (сталь, чавун, нікель, скло та ін.).

Захистити оператора від абразивного пилу, що утворюється при роботі струменевої установки, допомагає обов'язкове застосування витяжної вентиляції. Також істотно скорочується кількість пилу при застосуванні зволоженою струменевої обробки замість сухої.

Максимально виключає побічні ефекти обдування льодом, показана на рис. 3.16. Після обдування всі частинки льоду, що проникли в матеріал, тануть і залишається тільки чиста поверхня. Недоліком цього методу є висока вартість виготовлення льоду.

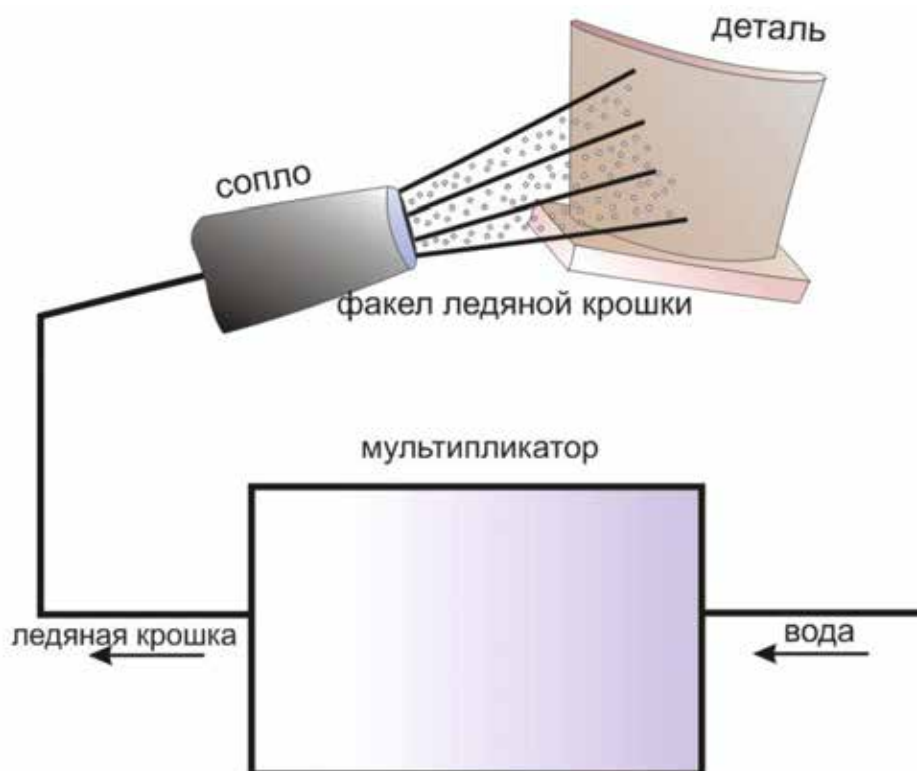


Рисунок 3.16 – Схема обдування льодяною крихтою [12]

На рис. 3.17 показана ручна струменева камера для сухої струменевої обдування. Однак в цій камері не можна застосовувати абразивний матеріал. Така компоновка струменевих камер зустрічається найбільш часто. При незначній модернізації камеру можна зробити гідроструменевою, що дасть можливість використовувати вільний абразив.

На рис. 3.18 показана населена струменева камера для струменевого сухого обдування великогабаритних деталей. Існують камери, в які поміщаються літаки, де з них вільним абразивом знімають фарбу перед перефарбування. Оператор в такій камері повністю захищений від впливу вільного абразиву та інших застосовуваних при обдувці матеріалів. Він має автономний дихальний апарат.



Рисунок 3.17 – Ручна струменева камера [12]

На рис. 3.18 показана населена струменева камера для струменевого сухого обдування великогабаритних деталей. Існують камери, в які поміщаються літаки, де з них вільним абразивом знімають фарбу перед перефарбування. Оператор в такій камері повністю захищений від впливу вільного абразиву та інших застосовуваних при обдувці матеріалів. Він має автономний дихальний апарат.

На рис. 3.19 та рис. 3.20 ілюструється безпилова суха струменева обробка. Основою для цього методу обробки є сопло особливої конструкції. В такому соплі після зіткнення з деталлю робочі частинки і пил відсмоктуються назад в накопичувач. В цьому випадку можна обробляти практично будь-які великогабаритні деталі. Так на рис. 3.20 показана зачистка зварного шва в суднобудуванні.

На рис. 3.21 показана автоматична струменева камера. У такій камері можна вести тільки сухе обдування, але оскільки камера автоматизована і робочі сопла переміщуються роботом за програмою, то небезпека для оператора з боку абразивного пилу відсутня.



Рисунок 3.18 – Населена струменева камера [12]

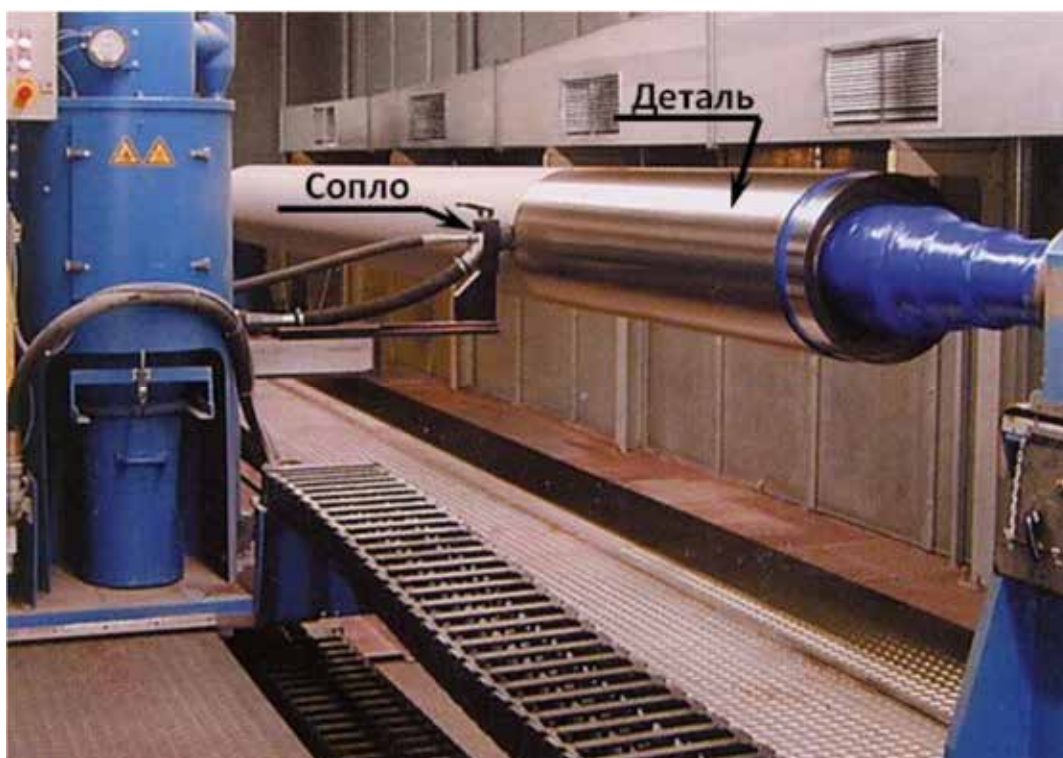


Рисунок 3.19 – Автоматична безпилова струменева обробка [12]



Рисунок 3.20 – Ручна безпилова струменева обробка [12]

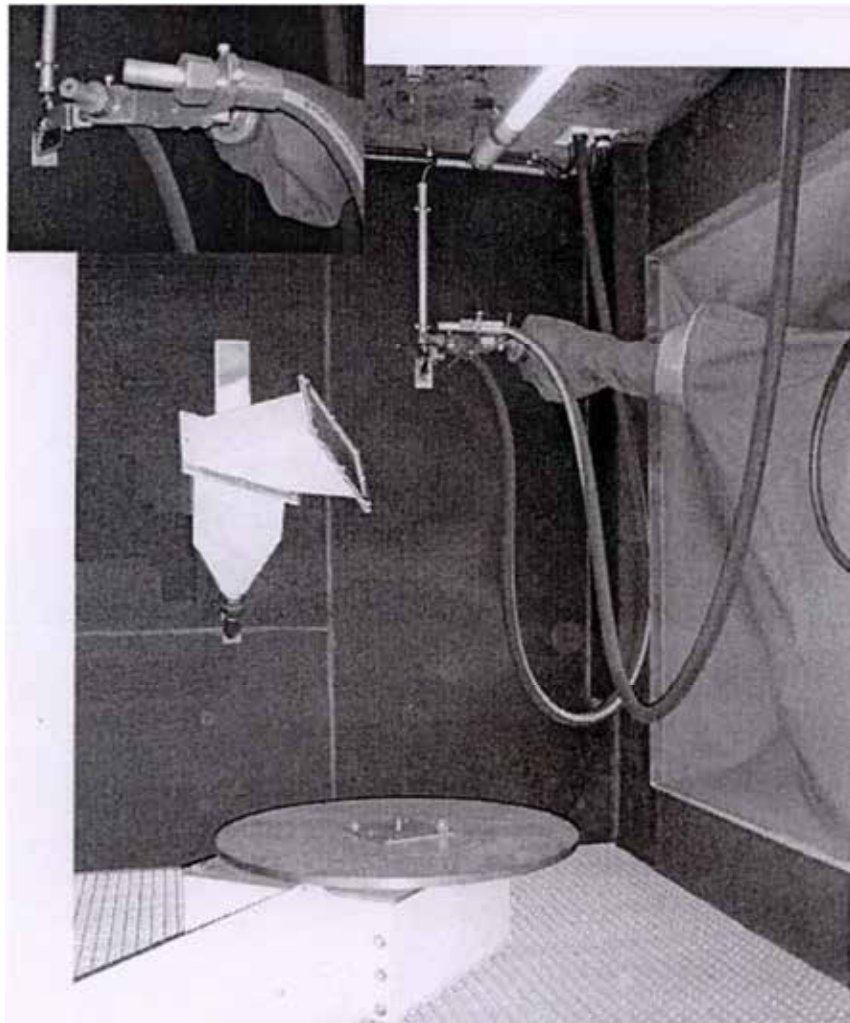


Рисунок 3.21– Робоча зона автоматичної струменевої камери [12]

3.3 Висновки

Розглянувши різноманітні способи автоматизації слюсарних операцій для деталі моноколесо можна вибрати обробку в струменевій камері з використанням металічного або скляного дробу. Це пов'язано з можливим нашаруванням абразивом поверхні моноколеса, що неприпустимо для відповідальних деталей авіаційних двигунів.

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

Проведемо розрахунок напружено деформованого стану деталі моноколесо. Розрахунок напружено-деформованого стану деталі вилка проведемо в пакеті SiemensNX за допомоги метода скінчених елементів. Оскільки деталь має 21 однакову лопатку і має осесиметричну форму, то для скорочення часу розрахунків і для збільшення їх точності можна розглянути тільки частину моноколеса (як показано на рис. 4.1).

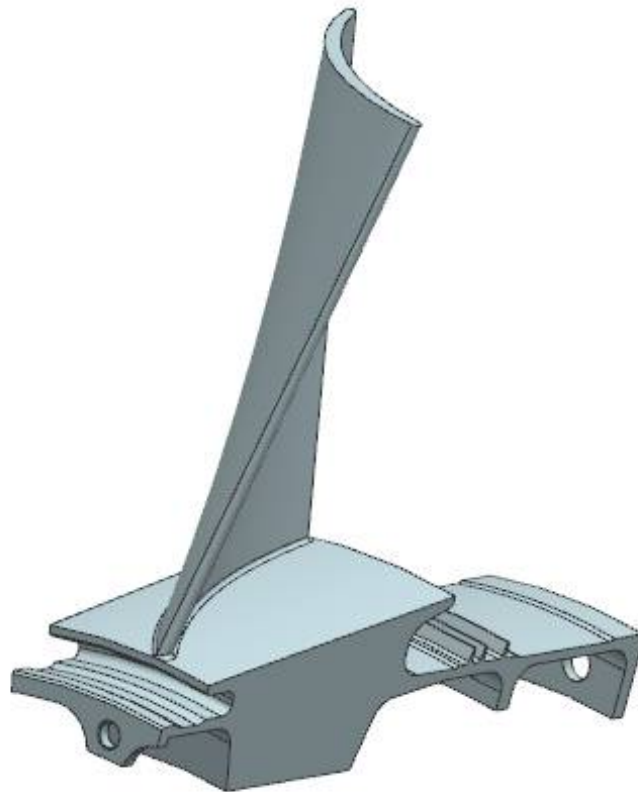


Рисунок 4.1 – Сектор моноколеса з однією лопаткою

Далі розбиваємо даний сектор в препроцесорі на сітку скінчених елементів тетраедральної форми. Далі задаємо механічні параметри (рис. 4.3).

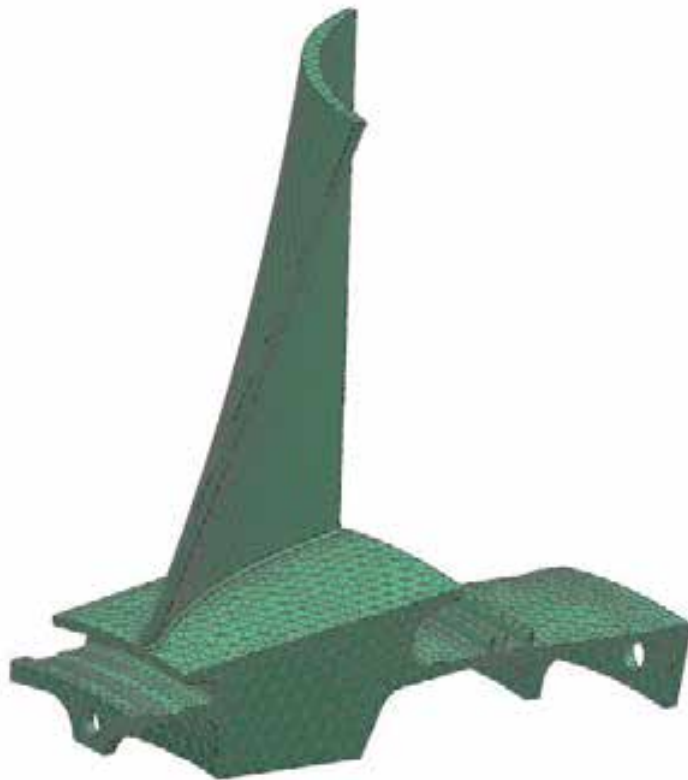


Рисунок 4.2 – Розбивання сектору на сітку елементів

Библиотека материалов							
Библиотеки							
Материалы							
Имя	Используемый	Б.	Категория	Тип	Метка	Библиотека	Плотность (RHS)
Polypropylene-GF		🔒	PLASTIC	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	1.2e-006кг/мм ³
Polyurethane-Hard		🔒	PLASTIC	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	1.2e-006кг/мм ³
Polyurethane-Soft		🔒	PLASTIC	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	1.2e-006кг/мм ³
Potassium_Liquid		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан..
Propane_C3H8_Gas		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан..
PVC		🔒	PLASTIC	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	1.4e-006кг/мм ³
R134a_C2H2F4_Gas		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан..
R134a_C2H2F4_Liquid		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан..
S/Steel_PH15-5		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	7.81693e-006кг/...
SMC		🔒	PLASTIC	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	1.4e-006кг/мм ³
Sodium_Liquid		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан..
Steel-Rolled		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	7.85e-006кг/мм ³
Steel		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	7.829e-006кг/мм ³
Sulfur_Dioxide_Liquid		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан..
Titanium-Annealed		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	4.5e-006кг/мм ³
Titanium_Alloy		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	4.454e-006кг/мм ³
Titanium_Ti-6Al-4V		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	4.43e-006кг/мм ³

Рисунок 4.3 – Вибір матеріалу із бібліотеки

Далі важливим етапом є завдання умов циклічної симетрії. Для завдання цих умов використовуємо команду Автоматичний зв'язок (Automatic Coupling), і задаємо параметри як показано на рис. 4.4.

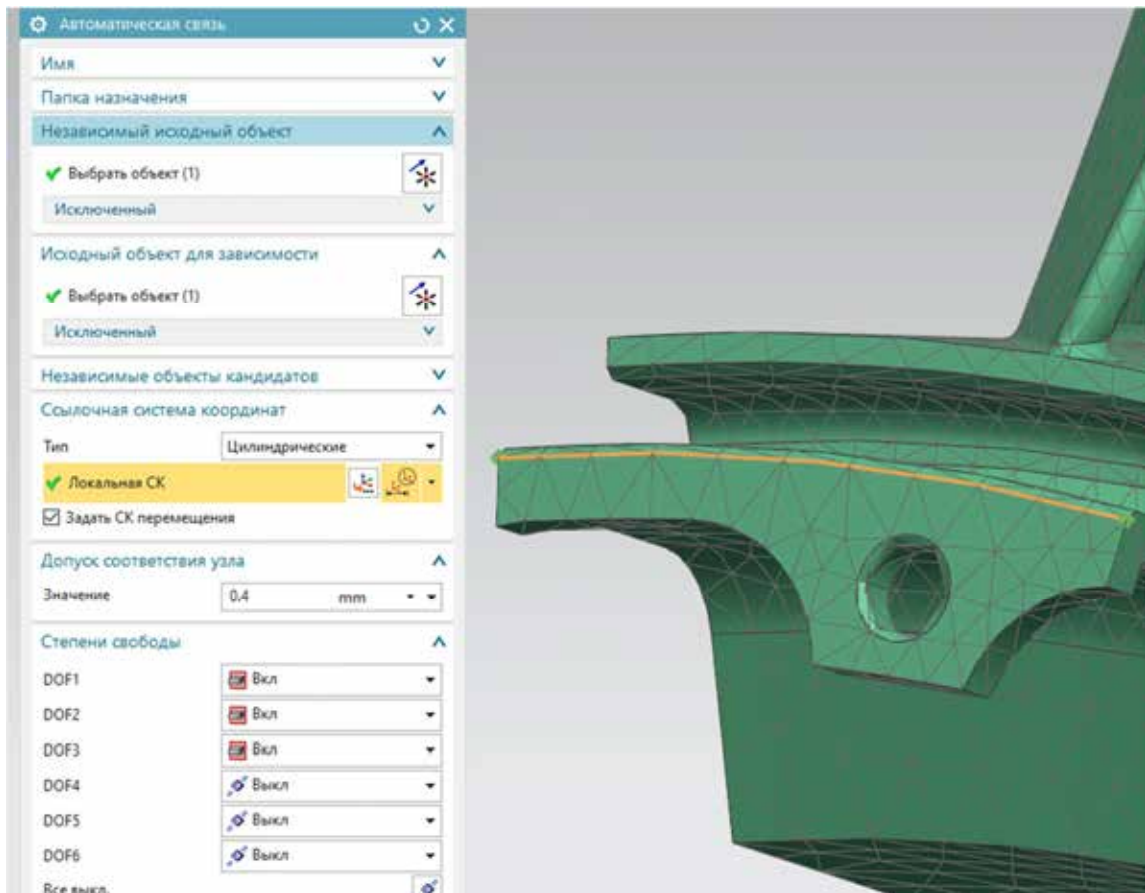


Рисунок 4.4 – Завдання умов циклічної симетрії

Задаємо обмеження на переміщення за допомоги команди Обмеження, що задається користувачем (User Defined Constrained).

Оскільки моноколесо працює в умовах відцентрового навантаження і піддається дії аеродинамічних сил, прикладаємо до моделі моноколеса навантаження у вигляді обертання (Rotation) та розподіленого тиску на корито лопатки (рис. 4.5).

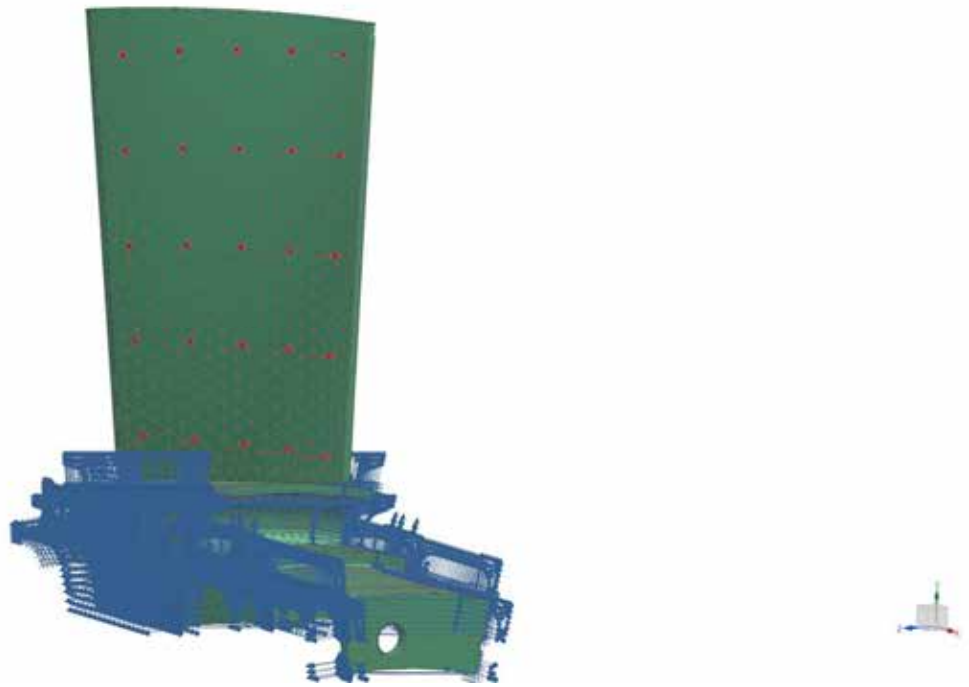


Рисунок 4.5 – Прикладення навантаження до моделі деталі

Проводимо розрахунок навантажень. Отримуємо результати у вигляді діаграми еквівалентних навантажень за Мізесом (рис. 4.6) та у вигляді епюри переміщень (рис. 4.7).

Виходячи з результатів розрахунку робимо висновок, що найбільші напруження спостерігаються в місцях сполучення лопаток і маточини деталі. Тому варто приділити особливу увагу цим місцям концентрації напружень і забезпечити в технології обробки плавне спряження лопатки і маточини деталі.

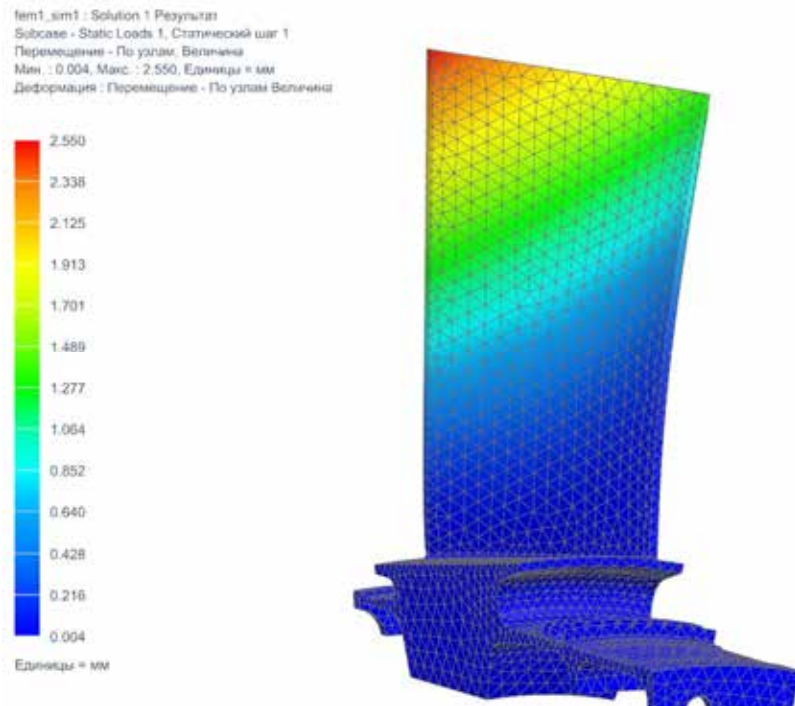


Рисунок 4.6 – Напряжения за Мізесом

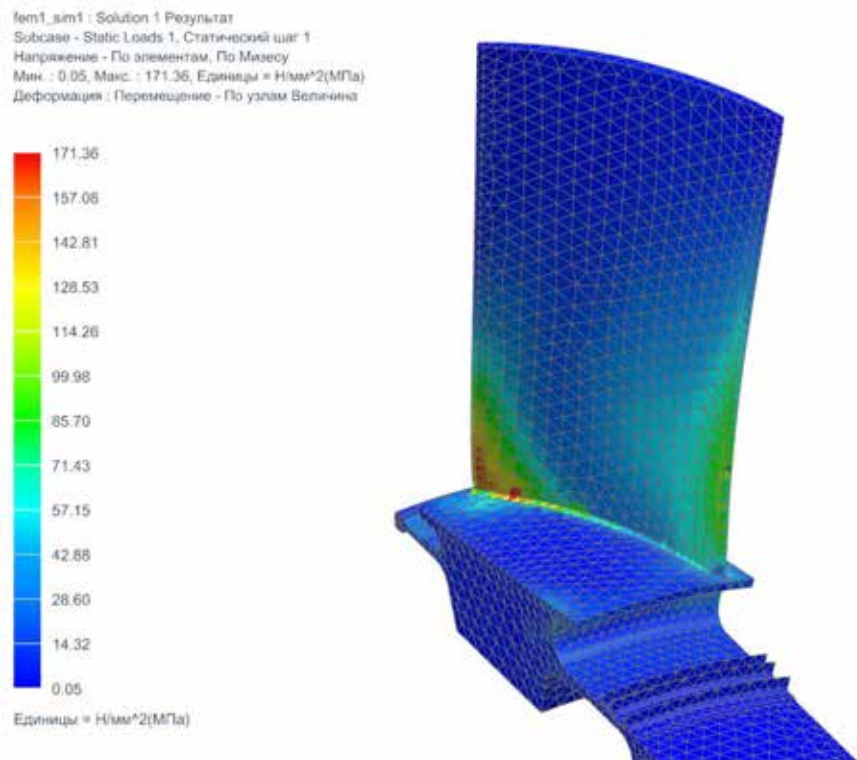


Рисунок 4.7 – Епюра переміщень

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ І ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ОСЬОВИХ МОНОКОЛІС АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

У авіакосмічної галузі високу вагову віддачу виробів досягають завдяки оптимізації форм перетинів і схем навантаження конструкції, зменшення товщини стінок деталей, застосуванням легких сплавів і армованих пластиків з високими характеристиками міцності і фізичними характеристиками, а також обмеження жорсткими допусками поверхонь, що визначають обсяг і масу деталей [13, 14].

В авіаційному двигунобудуванні всі деталі, що входять в конструкцію газотурбінного двигуна (ГТД), повинні одночасно задовольняти вимогам високої ваговій віддачі, максимальною експлуатаційною жорсткості і довговічності. Одними з найбільш відповідальних і складних в конструктивному виконанні деталей ГТД є осьові і відцентрові колеса (рис. 5.1). Вони являють собою конструкції, що складаються з «затиснених тонкостінних пластин складної форми», які мають схильність до появи вібрацій при їх остаточній обробки кінцевим фрезеруванням. Достатня для експлуатації жорсткість деталей, з точки зору процесів їх виготовлення, являє собою значну технологічну проблему, пов'язану з отриманням розмірної точності і якості обробленої поверхні.

Перехід до виробництва наступних поколінь авіаційних двигунів, підвищення рентабельності та ефективності їх виробництва мотивували використання нетрадиційних матеріалів і нових підходів до проектування і виробництва деталей [15]. Більшість компонентів авіаційних двигунів виготовляються з титанових і алюмінієвих сплавів шляхом видалення до 95% матеріалу заготовок [16]. Через свої механічні властивості алюмінієві сплави є легкооброблюваними, в порівнянні з титановими, тому обробка останніх

можлива тільки при використанні спеціальних підходів. Однак титанові сплави мають краще співвідношення міцності до ваги, що робить їх більш затребуваними в авіаційній промисловості.

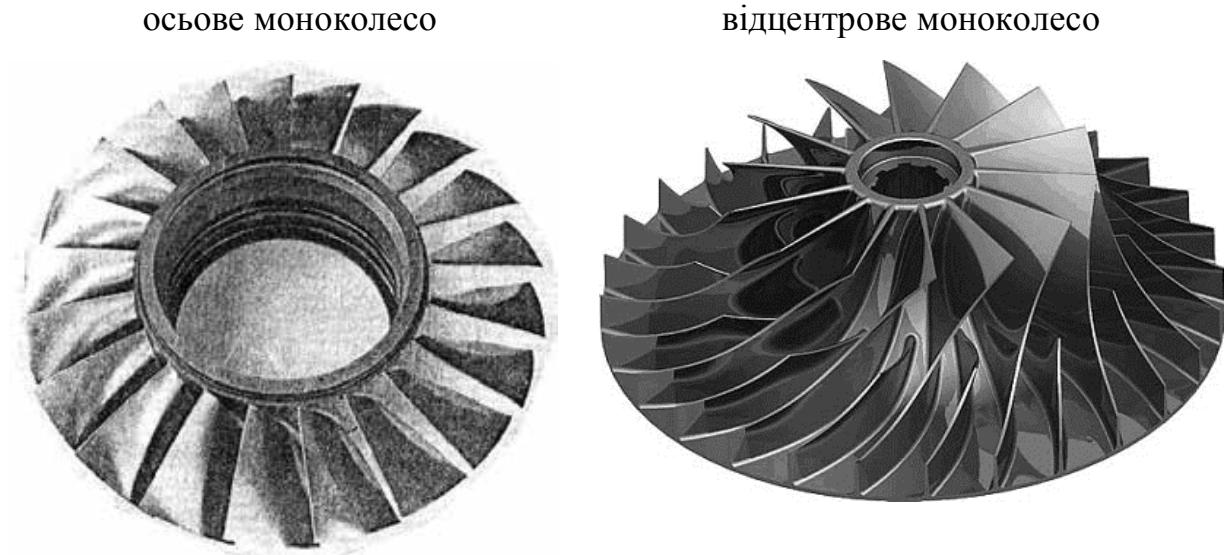


Рисунок 5.1 – Загальний вигляд осьового і відцентрового моноколеса [14, 15]

Сучасні конструкції літаків проектуються таким чином, щоб монолітні компоненти переважали над складальними вузлами. Цілісні деталі мають поліпшені параметрами якості, надійності і вимагають значного меншого часу на виготовлення [6]. Однак виготовлення цілісних авіаційних деталей пов'язано з обробкою тонкостінних елементів, що вимагає високого рівня механічної обробки, а іноді і застосування спеціальних технологічних прийомів, для досягнення оптимальних показників точності і якості поверхні. У табл. 5.1 показані деякі переваги цілних деталей над складальними вузлами.

Тонкостінні елементи монолітних деталей, використовуваних в авіадвигунобудуванні, в більшості випадків отримують шляхом кінцевого фрезерування на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Видалення матеріалу відбувається з ризиком потрапляння в нестабільні умови обробки і порушення розмірної точності. Традиційно практикується експериментальний підбір режимів різання для отримання необхідних характеристик обробленої поверхні. Це веде до зниження продуктивності, збільшує витрати на виробництво деталі і не у всіх випадках сприяє вибору оптимальних параметрів обробки.

Таблиця 5.1 – Порівняння збірної і монолітної конструкції деталі

Збірна деталь		Монолітна деталь	
			
Кількість складальних одиниць	= 44	Кількість складальних одиниць	= 6
Кількість використовуваних інструментів	= 53	Кількість використовуваних інструментів	= 5
Час на конструювання і виробництво, години	= 965	Час на конструювання і виробництво, години	= 30
Машинний час, години	= 13	Машинний час, години	= 8,6
Час збирання, години	= 50	Час збирання, години	= 5,3
Маса, кг	= 3,77	Маса, кг	= 3,37
Умовна вартість, од	= 100	Умовна вартість, од	= 37

Таким чином, визначальною особливістю механічної обробки тонкостінних деталей є необхідність врахування пружних деформацій заготовок на всіх стадіях обробки. Ці деформації призводять до похибки розмірів і форми, а також, внаслідок виникнення вібрацій під час обробки, і до погіршення якості обробленої поверхні. Крім того, недостатня жорсткість тонкостінних деталей може призвести до похибок, викликаних релаксацією залишкових напружень [18, 19, 20, 21].

Для забезпечення конкурентоспроможності продукції виробники прагнуть до зниження вартості та вдосконалення якості продукції. Це можливо забезпечити лише в разі високонадійної обробки, а також за умови початкового вибору оптимальних режимів різання. Висока точність виготовлення деталей, що мають тонкостінні елементи, є складним завданням для технологів, програмістів, наладчиків, так як через недостатню твердість тонкостінних деталей, пружних деформацій велика ймовірність отримання браку [22,23,24]. На рис. 5.2 показаний один з можливих варіантів порушення розмірної точності при обробці тонкостінних деталей. Заданий припуск на обробку показаний на рис. 5.2 б, він позначений точками MNOP. Однак з огляду на пружних відтискань, внаслідок яких відбувається відхилення деталі під дією сили різання (сили відтискання) точка М переміщається в положення М', а точка N в положення N'. При цьому фактичним обсягом знятого припуску є MN'OP, а готова деталь має погіршення розмірної точності на обсяг N'ON.

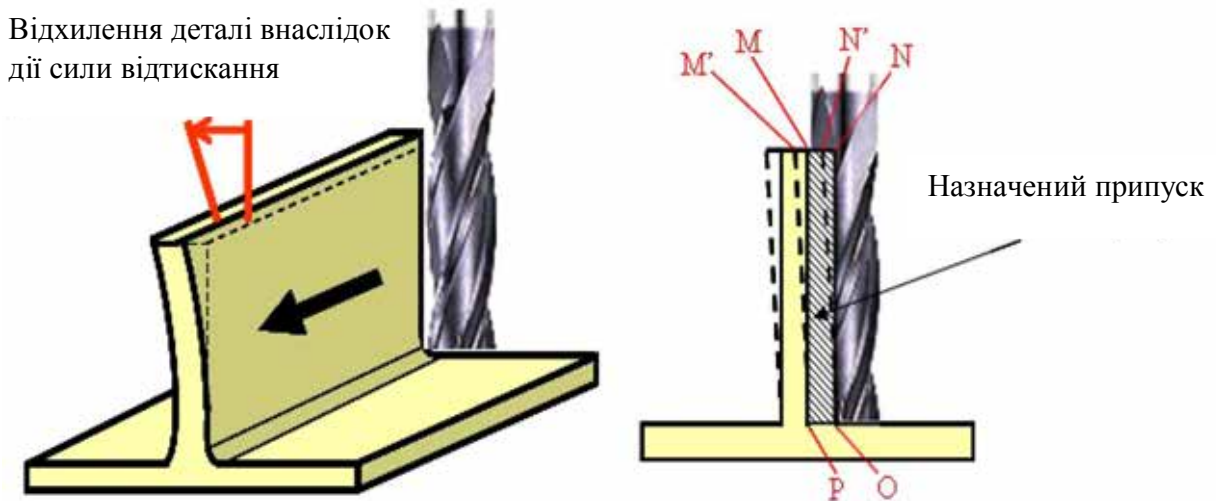


Рисунок 5.2 – Погіршення розмірної точності при обробці тонкостінних деталей

В роботі Kaufeld [25] досліджували точність, похибки форми при високошвидкісному фрезеруванні (ВШФ) тонкостінних пластин з легких ливарних сплавів. Значна частина результатів для ВШФ тонкостінних деталей отримана за допомогою імітаційного моделювання. На рис. 5.3 показана залежність відхилення профілю від висоти тонкостінної деталі при фрезеруванні жорстким інструментом, а на рис. 5.4 – при фрезеруванні нежорстким інструментом. Якщо інструмент жорсткий, то похибки профілю залежать від прогину деталі, в той час як при нежорсткому інструменті величина цих же параметрів залежить ще і від прогину інструменту.

В роботі [26] розглядали питання точності обробки тонкостінних пластин при ВШФ. Залежно деформацій тонкостінної деталі від режимів ВШФ отримані моделюванням з використанням методу скінченних елементів. Сили різання визначали аналітично.

В роботі [27] досліджували коливання тонкостінної пластини і їх вплив на якість обробленої поверхні при ВШФ.

Andrae [28] досліджував точність і шорсткість обробленої поверхні при високопродуктивному фрезеруванні тонких пластин з деформованих ливарних сплавів. На рис. 5.5 показана схема експерименту по вимірюванню відхилення розміру тонкостінної пластини при її фрезеруванні, а на рис. 5.6 показані експериментальні результати відхилення розміру в залежності від швидкості різання.

На рис. 5.7 показані залежності шорсткості поверхні від осьової глибини різання a_p та подачі на зуб f_z .

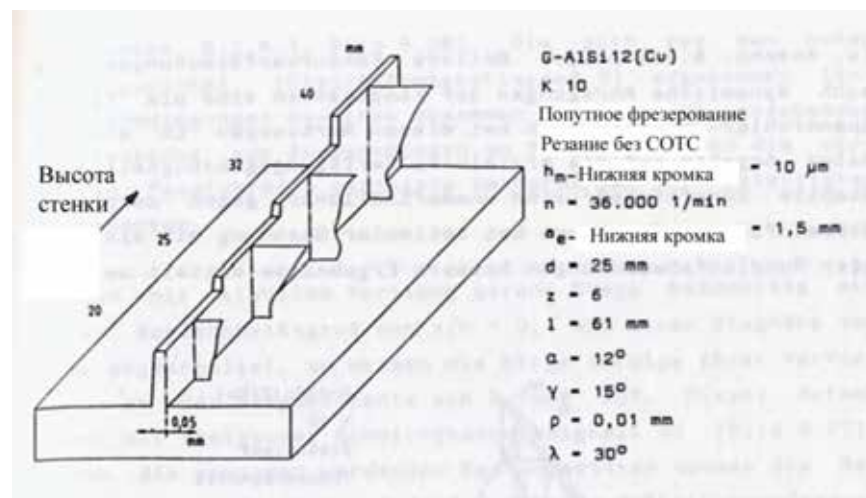


Рисунок 5.3 – Вплив висоти тонкостінної деталі на її остаточний контур при фрезеруванні жорстким інструментом [25]

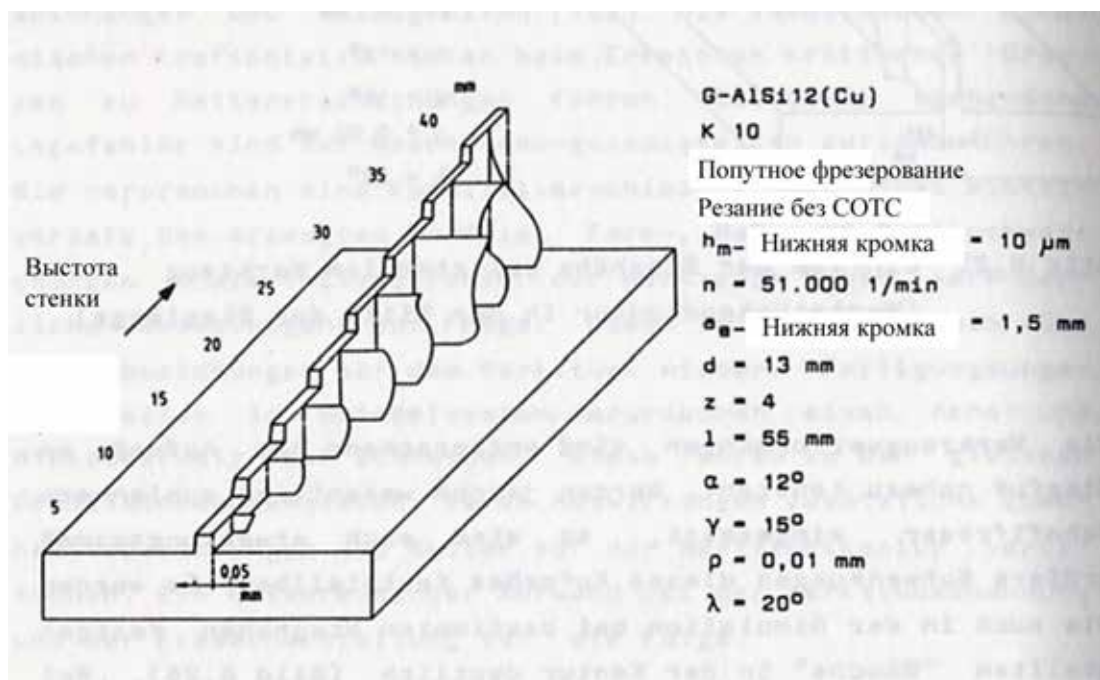


Рисунок 5.4 – Вплив висоти тонкостінної деталі на її остаточний контур при фрезеруванні нежорстким інструментом [25]

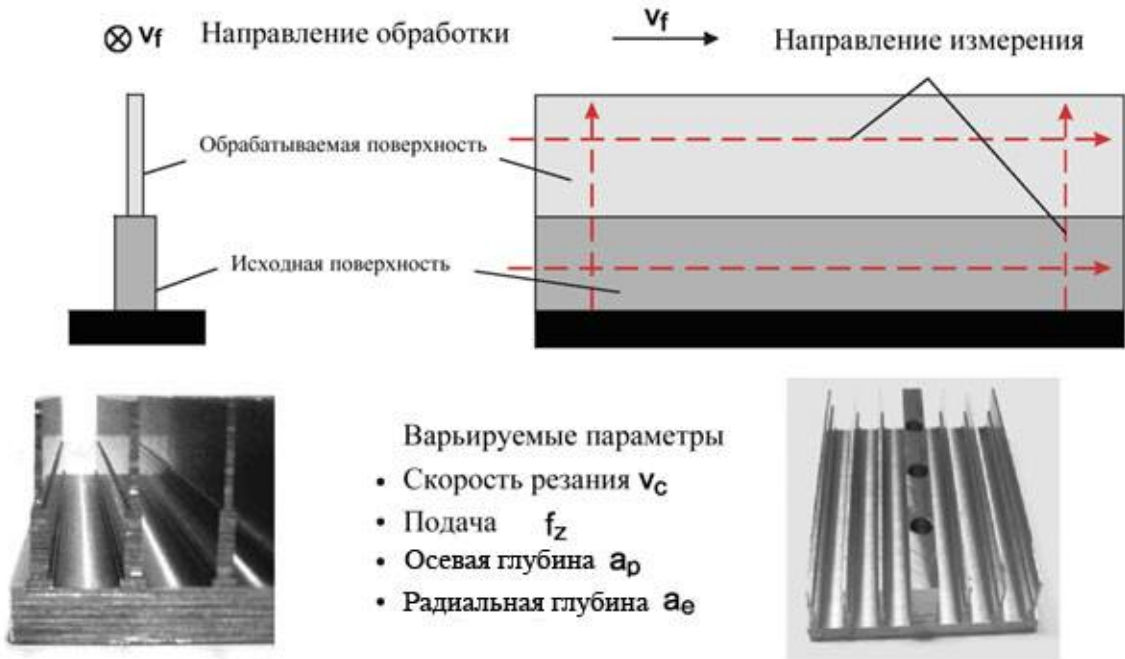


Рисунок 5.5 – Схема вимірювання відхилення розміру тонкостінної деталі [28]

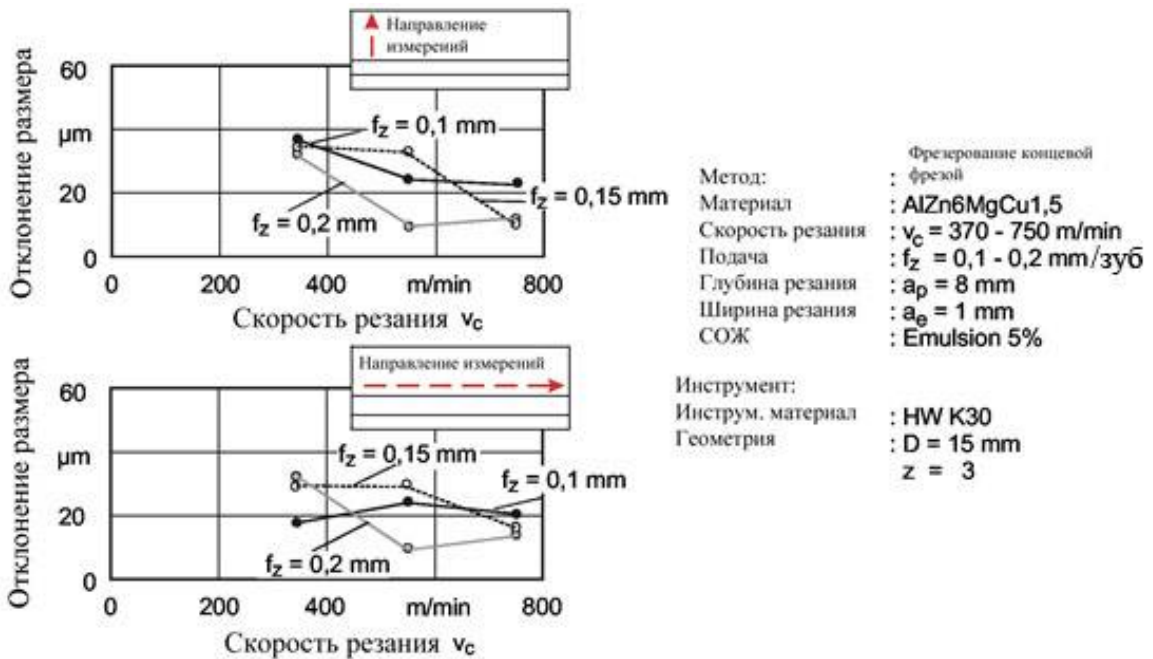


Рисунок 5.6 – Вплив швидкості різання на відхилення розміру тонкостінної деталі в поздовжньому і поперечному напрямку вимірювань [28]

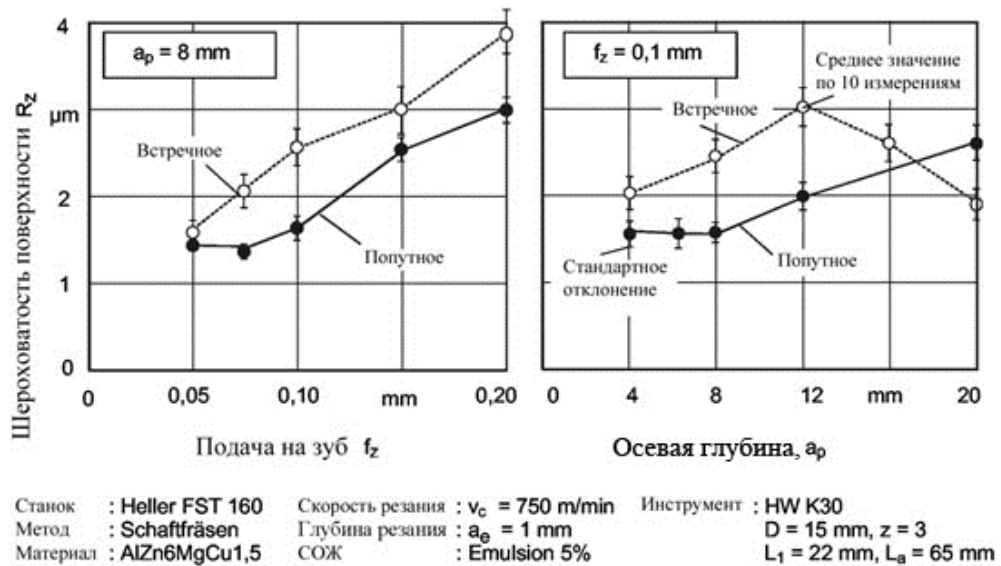


Рисунок 5.7 – Вплив подачі на зуб і осьової глибини на шорсткість R_z тонкостінної деталі [28]

За результатами досліджень Andrae робить висновок, що тонкостінні деталі слід обробляти з високими швидкостями різання, відносно високими подачами на зуб $f_z > 0,15 \text{ мм/зуб}$ і шириною різання в межах $a_p = 10 \text{ мм}$. Шорсткість обробленої поверхні не виходить за межі мкм, що цілком допустимо для чорнової обробки. Необхідно відзначити, що при зустрічному фрезеруванні величина R_z в 1,5-2 рази вище, ніж при попутному.

Аналіз робіт [25,26, 27, 28] дозволяє зробити висновок про те, що при чорновому кінцевому фрезеруванні тонкостінних пластин на перший план виходять питання точності обробки і рівномірності припуску під остаточну обробку. При чистовому фрезеруванні, коли припуски мінімальні, лімітуючим фактором стає шорсткість обробленої поверхні, погіршується внаслідок виникнення коливань деталі.

Досягнення низької шорсткості поверхні дуже важливо для деталей, обтічних потоком рідини або газу. Збільшення шорсткості призводить до швидшого переходу ламінарного прикордонного шару в турбулентний

прикордонний шар, що збільшує сумарну силу опору тертя. При числах Рейнольдса 10^7 та висоті мікронерівностей 15...20 мкм майже весь пограничний шар стає турбулентним [29].

У сучасній промисловості неточності при обробці тонкостінних деталей компенсують одним або декількома технологічними підходами:

- здійснення останнього проходу без завдання припуску, що дозволяє досягти більшої розмірної точності шляхом повторного фрезерування ділянок, на яких мали місце пружні віджимання;
- доведення проблемних ділянок вручну;
- експериментальний метод підбору параметрів обробки, що задовольняють якості деталі [30];
- використання покрокової обробки з почерговим зняттям припуску з кожного боку тонкої деталі.

Однак все з представлених технологічних підходів мають тенденцію до зниження продуктивності і не завжди гарантують необхідну розмірну точність і якість поверхні. Додаткові складнощі при обробці тонкостінних деталей створюються, якщо оброблюваних матеріалом є титановий сплав.

Одним із способів прогнозування умов обробки є метод кінцевих елементів, за допомогою якого можна моделювати процес обробки і визначати параметри обробленої поверхні. Існує безліч робіт, які показують успішне застосування комерційних програмних пакетів для моделювання процесів механічної обробки. Оскільки кінцевим результатом обробки в цих програмах є профіль поверхні, то стає можливим вводити величину коригування, змінюючи значення припуску на обробку. Таким чином можливо уникнути цехових випробувань по підборі режимів різання, стратегії обробки деталі, що може істотно знизити витрати на виготовлення деталі [31]. Однак одним з основних питань впровадження процесу моделювання обробки методом кінцевих елементів в технологічний процес є тривалість процесу розрахунку. Залежно від

складності деталі, час аналізу варіюється від одного дня до декількох тижнів. Така велика час процесу розрахунку пов'язано з тим, що моделювання поверхні методом кінцевих елементів відбувається шляхом розрахунку кожного різання зубом фрези, з урахуванням подачі на зуб, осьової глибини, геометрії інструменту та накопичення всіх отриманих значень, які в сукупності і утворюють профіль обробленої поверхні. З огляду на, що сучасне виробництво повинно бути гнучким і швидко переналагоджуваним, проведення аналізу обробки методом кінцевих елементів не завжди представляється можливим. Більш того, обмежені можливості побудови деталей в звичайно елементних програмних пакетах зобов'язують до впровадження 3D моделей з інших CAD програм, що може внести додаткові неточності різного роду. Тому, існує необхідність поліпшення ефективності аналізу обробки тонкостінних деталей методом кінцевих елементів для поліпшення розмірної точності і продуктивності виробництва.

До технологічних методів управління жорсткістю ТС також можна віднести методи послідовного видалення припуску [32, 33]. Так в разі обробки тонкої стінки (рис. 5.8) інструмент робить послідовні проходи таким чином, що досягається більша локальна жорсткість в точці обробки.

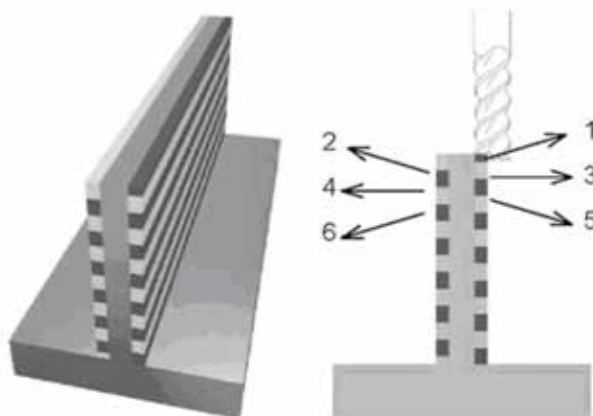


Рисунок 5.8 – Послідовне видалення припуску при фрезеруванні тонких стінок [33]

Більш того існують різні стратегії покрокового видалення припуску, показані на рис. 5.9. Перший варіант полягає в рівномірному знятті припусків з обох сторін тонкостінної деталі. Другий варіант відрізняється тим, що припуски з різних сторін деталі знімаються з перекриттям, тобто кожний наступний прохід здійснюється таким чином, щоб середина половини заданої осьової глибини завжди перебувала на рівні, де була нижня точка фрези при попередньому проході. Суть третього варіанта полягає в зменшенні знімається припуску з кожним наступним проходом, при цьому утворюється ступінчастий профіль поверхні. Виробниче застосування такої технології показано нижче.

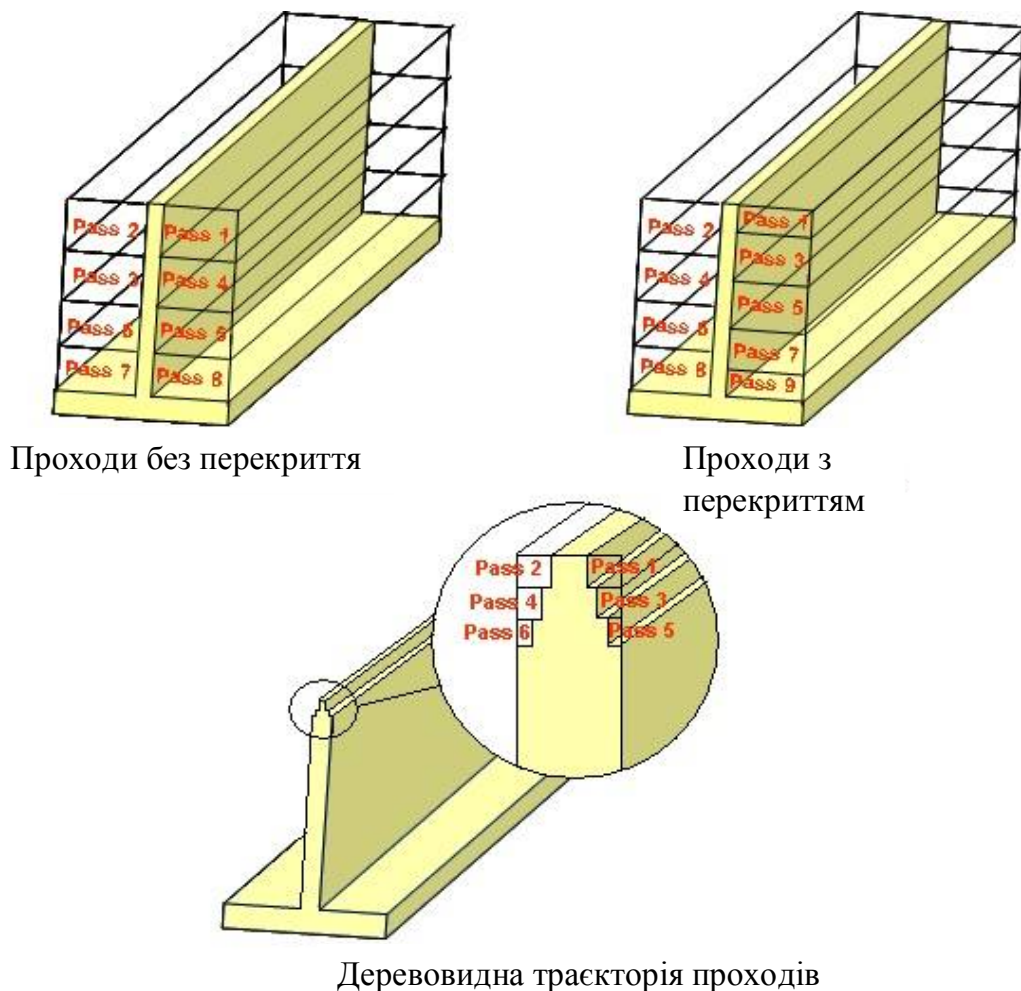


Рисунок 5.9 – Можливі варіанти застосування технології послідовного видалення припуску

На АТ «МОТОР СІЧ» метод управління жорсткістю оброблюваної деталі застосовують при виготовленні осьових моноколес ГТД. В Відповідно до цієї технології напівчистове фрезерування міжлопаткового простору і лопаток здійснюють до умовних технологічних границь, які встановлюють, виходячи з максимальної висоти обробки. Зазначені границі формують рівні (з 1 по 18) послідовного фрезерування по висоті лопаток (рис. 5.10). Після напівчистового фрезерування здійснюється спіральне високошвидкісне фрезерування для придання остаточної геометрії. Для додання лопаткам необхідної додаткової жорсткості при чистовому фрезеруванні міжлопатковий простір заповнювався спеціальною демпфувальною масою, яка виконує також і функції твердої мастильно-охолоджувального технологічного середовища (СОТС) [27, 34].

Для зниження вібрацій нежорсткої заготовки в процесі обробки використовують додаткову технологічну оснастку, що надає заготовці додаткову підтримку, тим самим підвищуючи її жорсткість.

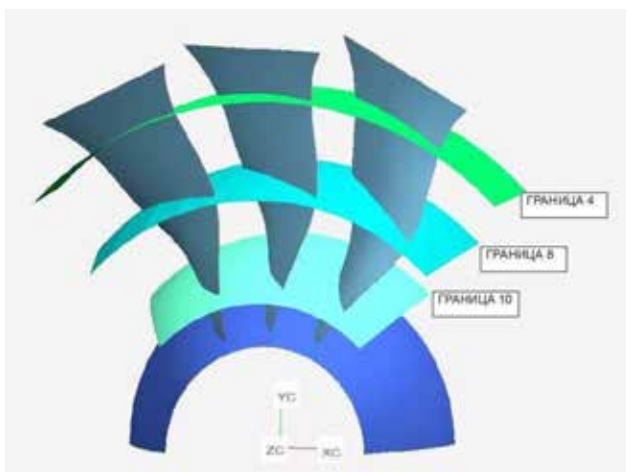


Рисунок 5.10 – Умовні технологічні границі при фрезеруванні моноколеса компресора ГТД [34]

Відомі пристрої, які використовують в якості додаткових опор при фіксації заготовки на столі верстата для надання заготовці додаткової підтримки

в точках її найменшої жорсткості. Прикладами подібних пристроїв є упор-люнет [35], вузол кріплення [36], а також інші пристосування [37, 38, 39] і т.п. Подібні пристрої встановлюють вручну при фіксуванні заготовки на столі верстата. Додаткові опори не дозволяють переміщатися тим точкам заготовки, які вони підтримують, створюючи зусилля реакції опори при наданні силового впливу на заготовку. Тим самим додаткові опори збільшують жорсткість заготовки, перешкоджають її деформацій і вібрацій при обробці. Недоліком подібних пристроїв є значні витрати часу на установку додаткових опор вручну. Крім того, час на обробку зростає внаслідок необхідності обходити ріжучим інструментом додаткові фіксуючі елементи, а також здійснювати переустановлення фіксуючих елементів та заготовки.

Авторами [40] запропоновано пристрій для зниження вібрацій нежорсткої заготовки при її обробці фрезеруванням (рис. 5.11), що містить динамічні віброгасники, утворені набором механічних резонаторів, виконаних у вигляді поперечних балок, вільні кінці яких закріплені на центральному стрижні. Основа центрального стрижня виконана у вигляді усіченого конуса, що прикріплюється до оброблюваної заготовки, а на кінцях балок встановлені додаткові маси з можливістю їх перестановки по довжині балок. Балки з додатковими масами (механічні резонатори) повинні бути налаштовані на частоти перших гармонік зубцевих частот фрези, що знижує амплітуду коливань при обробці до 15 разів.

Найбільш поширеними прийомами боротьби з вимушеними і автоколиваннями є зниження сил різання, а також підвищення жорсткості і демпфувальної здатності всіх елементів ТС [41, 42, 43, 44].

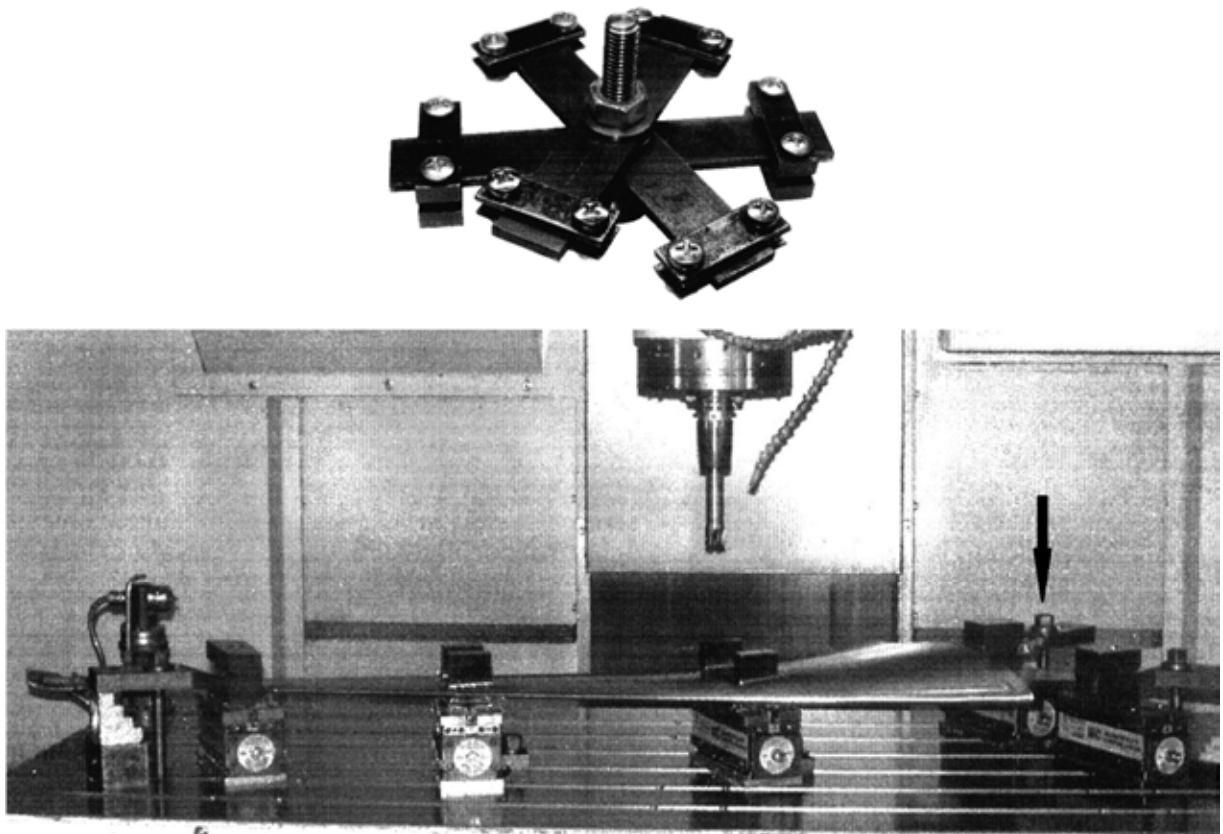


Рисунок 5.11 – Пристрій для зниження вібрацій [40]

Високу вібросталість верстатів прагнуть досягти ще на стадії їх проектування [45, 46]. Можливості підвищення жорсткості фрез зазвичай обмежені. Жорсткість тонкостінних деталей можна підвищити, застосовуючи спеціальні пристосування [13, 45, 48, 49]. Одночасного підвищення жорсткості і демпфувальних здібностей тонкостінних деталей можна домогтися за допомогою технологічного армування, тобто заповнення навколишнього деталей простору якимось матеріалом, рис 5.12.

Можливі варіанти технологічного армування широко розглянуті Куклева Л.С. [13]. Армування – це посилення матеріалу або конструкції виробів іншими матеріалами. За допомогою технологічного армування тимчасово на період обробки нежорстких деталей підсилюють їх конструкції, фіксують положення

заготовки, а також перерозподіляють припуски, закріплюють заготовки і підвищують вібросталість компонентів системи ВПД.



до обробки



після обробки

Рисунок 5.12 – Фінішне фрезерування моноколеса компресора авіаційного ГТД [38]

Технологічне армування засноване на адгезійних зв'язках речовин або зчепленні намагнічених тіл з поверхнями оброблюваних деталей і оснастки.

Армування намагніченими тілами полягає в утворенні між ними, їх частинками і стінками деталі сил тертя ковзання, взаємного тяжіння або відштовхування, в результаті чого збільшуються площа поперечного перерізу, момент його інерції і сталість конструкції [27, 30].

Широко застосовують технологічне армування для створення постійних базових елементів на нежорстких деталях зі змінним перетином. Спочатку деталі встановлюють в касеті для рівномірного розподілу припусків, а потім армують у вигляді прямокутних брикетів. Після закінчення обробки брикети розчиняють в гарячій воді. Такий спосіб армування застосовують в авіадвигунобудуванні при виробництві лопаток.

Нежорсткі деталі армують для виконання високонавантаженого протягування, фрезерування, шліфування, полірування, точіння, а також згинання тонкостінних труб круглого і прямокутного перетинів.

Технологічне армування деталей здійснюють самотвердіючими оборотними і необоротними речовинами.

До необоротних самотвердіючих речовин відносять високов'язкі замазки, епоксидні смоли, пластмаси, рідке скло, цемент, клейові плівки. Ці речовини при кімнатній температурі перетворюються з рідкого в твердий стан, утворюючи адгезійно-когезійний зв'язок.

Нежорсткі деталі високої точності дуже обмежено армують незворотними речовинами, тому що їх видалення внаслідок дії вібрації, розмелюванням, механічним і високотемпературним впливом призводить до порушення форм деталей після механічної обробки.

Подібні недоліки відсутні або проявляються незначно при армуванні деталей самотвердіючими оборотними речовинами і намагнічуючими тілами. Серед них у виробництві найбільш поширені: сплав Вуда, технічна сечовина, ксиліт, поліетиленгліколь і тверді намагнічуючі тіла різної геометричної форми.

Сплав Вуда являє собою легкоплавку гранульовану речовину сірого кольору на основі вісмуту. Температура плавлення сплаву 68°C . Розплавляють і видаляють армуючий шар зануренням деталі в гарячу воду при температурі $65\text{--}70^{\circ}\text{C}$. Сплав можливо використовувати для 3-5- кратного армування, після чого рецептура його втрачає адгезійно-когезійні властивості.

При технологічному армуванні нежорстких деталей автори [13] висувають до армувальних середовищ наступні вимоги:

– мала усадка і повзучість, рівномірна міцність адгезійних зв'язків, що забезпечують машинну обробку нежорстких деталей із застосуванням прогресивних режимів різання;

- низька щільність і висока текучість, що дозволяють вільно армувати важкодоступні елементи деталей без викривлення;
- можливість спрямованого локального армування деталей;
- висока швидкість оборотності станів речовин без застосування громіздких допоміжних пристроїв і сильних теплових, електричних і магнітних полів;
- відсутність хімічної взаємодії з поверхнею і структурою деталей, інструменту та обладнанням;
- повне зняття після обробки деталей армувальної речовини без зміни геометричної форми деталей і напруженого стану матеріалу.

Автори [50] пропонують спосіб виготовлення моноколів або крильчаток газотурбінних двигунів (ГТД). Спосіб включає фрезерування міжлопаткових каналів, фрезерування спинки і корита лопатки, а також западини між ними. Для реалізації способу здійснюють фрезерування міжлопаткових каналів через один, в оброблені межлопаткові канали заливають сплав і фрезерують сусідні міжлопаткові канали, а потім видаляють сплав шляхом виплавлення. Як міжлопаткової суміші автори рекомендують використовувати сплав Вуда.

Технологічний процес обробки міжлопаткових каналів включає три етапи: чорновий, чистовий, остаточний.

На кожному етапі здійснюються такі операції:

- 1 етап – проводять обробку фрезеруванням міжлопаткових каналів з парними номерами (2, 4, 6 і т.д.), рис. 5.13 а;
- 2 етап – в оброблені міжлопаткові канали з парними номерами (2, 4, 6 і т.д.) заливають сплав Вуда, рис. 5.13 б;
- 3 етап – фрезеруються міжлопаткові канали з непарними номерами (1, 3, 5), рис. 5.13 в. При фрезеруванні міжлопаткових каналів з непарними номерами наявність сплаву в сусідніх міжлопаткових каналах не дозволяє оброблюваним

лопаткам деформуватися під дією сил різання. Таким чином, імітують обробку міжлопаткових каналів в суцільному металі;

– 4 етап – сплав видаляють з міжлопаткових каналів шляхом виплавлення, рис. 5.13 г;

– 5 етап – здійснюють термообробку моноколес ГТД для зняття залишкових напружень.

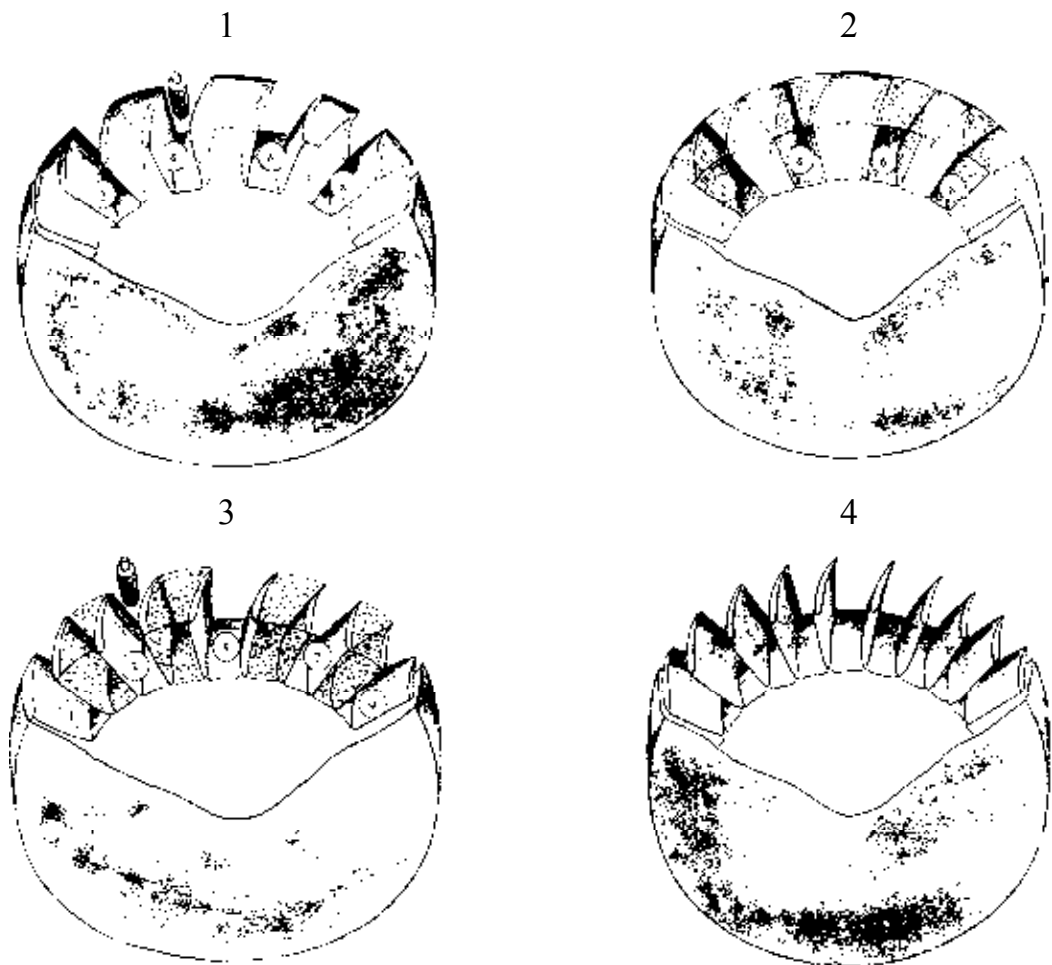


Рисунок 5.14 – Етапи реалізації способу виготовлення моноколес або крильчаток газотурбінних двигунів [50]

Інші дослідники [51] пропонують наступний безвібраційний метод фрезерування моноколес. Реалізація методу здійснюється виконанням наступних технологічних кроків:

- матеріал наповнювача готується у відповідній пропорції;
- наповнювач (міжлопаткова суміш) інтенсивно змішується і нагрівається до рідкого стану в електричній печі;
- встановлення і закріплення моноколеса 1 відбувається в формі 2 (рис. 5.15), яка створює границі для заповнення міжлопатковою сумішшю;
- заповнення форми здійснюють якомога швидше, тому що падіння температури може згубно позначитися на рідкотекучості наповнювача і перешкоджати повному заповненню деталі. Межі наповнювача повинні перевищувати вихідну кромку пера лопатки на 5-10 мм;
- процес застигання займає від 10 до 24 годин;
- вилучення з форми моноколеса і подальша обробка на п'яти координатному верстаті.

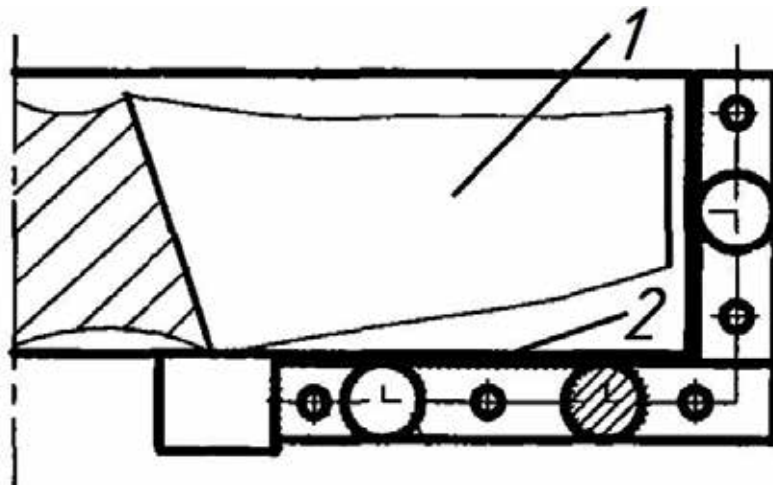


Рисунок 5.15 – Частина моноколеса, встановлена в формі для здійснення заливки матеріалу наповнювача [51]

Автори [52] пропонують метод виготовлення лопатки ГТД за допомогою використання в'язкопружного демпфувального середовища (рис. 5.16). При цьому розглядається охолоджуєма лопатка, яка має внутрішню порожнину, що проходить уздовж пера лопатки. Відповідно лопатка має дві панелі – 16,18, що

знаходяться один навпроти одного, кожна з яких має щонайменше один виступ – 20,22, що відходить в сторону іншої панелі. Виступи проходять через простір 19, куди і заливається в'язкопружне демпфувальне середовище 24. Автори наводять приклад використання середовища фірми Huntsman™.

В роботі [52] пропонується спосіб виготовлення моноколес з використанням демпфувальних середовищ (рис 5.17), який полягає в свердлінні в заготівлі заглиблень, що визначають місце розташування лопаток моноколеса, виконання чорнового фрезерування для уточнення поверхонь лопаток, заповнення поглиблень між лопатками демпфируючим матеріалом, таким чином, упаковуючи їх у демпфувальне середовище і виконання фінішного фрезерування з подальшим видаленням матеріалу разом з припуском, що забезпечує формування обробленої поверхні.

Після виконання чорнових операцій виробляють вибір осей для фінішного фрезерування, що дозволяє розташувати фрезу при обробці практично паралельно до оброблюваної поверхні моноколеса.

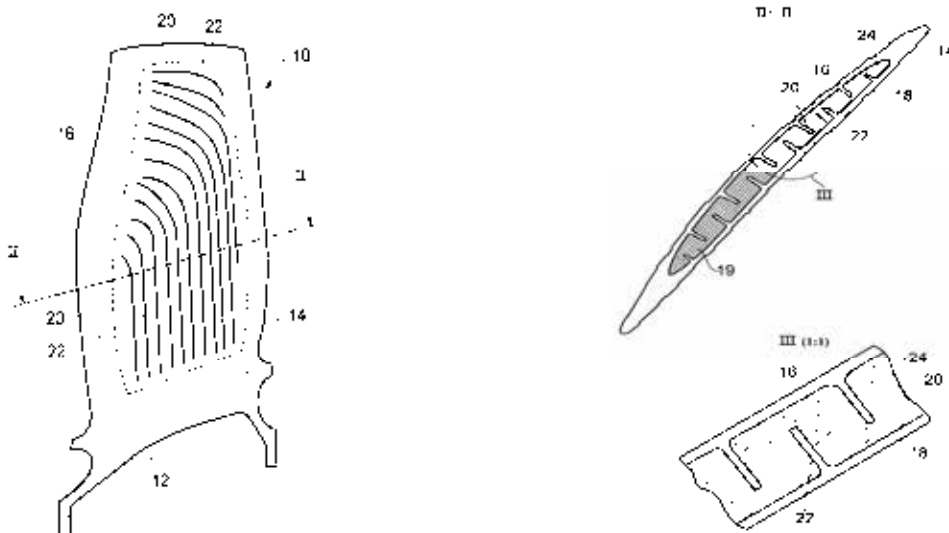


Рисунок 5.16 – Спосіб виготовлення лопаток ГТД за допомогою використання демпфувальних середовищ [52]

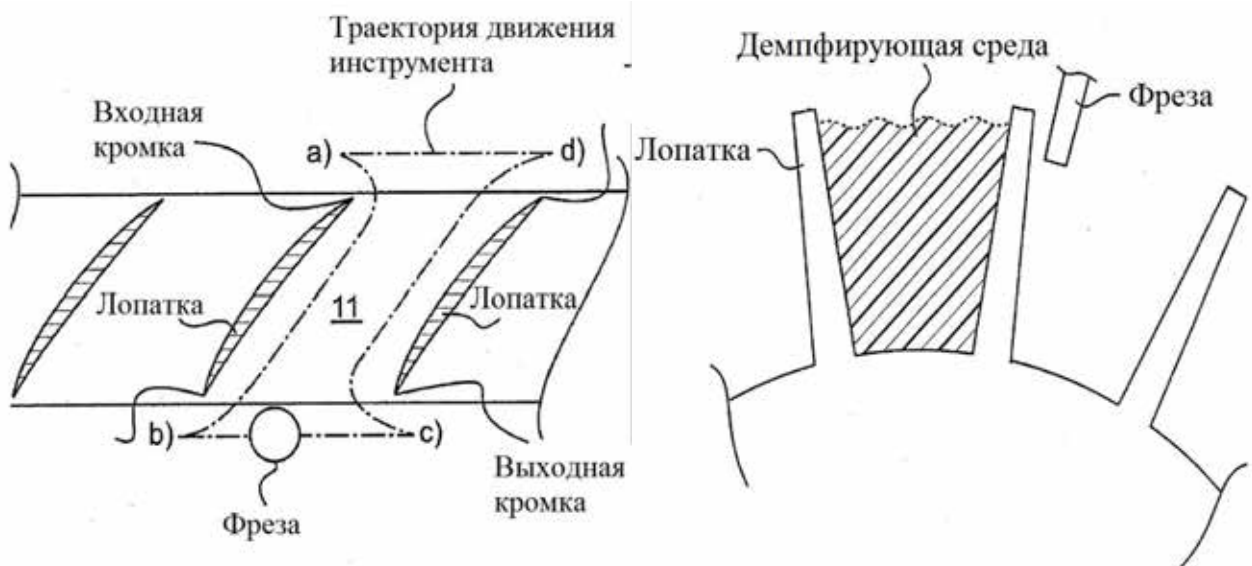


Рисунок 5.17 – Спосіб виготовлення моноколес з використанням демпфуючих середовищ при фінішній обробці [52].

В якості міжлопаткового середовища автори пропонують використовувати продукт Araldite™, виготовлений Huntsman Advanced Materials.

Автори в роботі [53] пропонують використання демпфувального матеріалу наповнювача для зменшення мікронерівностей при обробці бандажних полиць 22 (рис 5.18) лопаток ГТД 10, які входять до складу робочого колеса ротора. У кожній бандажній полиці є осьова поверхня 36, 42, яка контактує з поверхнею сусідньої лопатки. По обидва боки від осьової поверхні контакту 36, 42 є симетрично розширювані поверхні 32, 34, 38, 40, а також передня і задня кромка зазорів 44, 46. У ці зазори і встановлюється демпфувальний матеріал наповнювача 48. Після чого роблять обробку бандажних полиць до бажаного профілю і видалення матеріалу наповнювача 48.

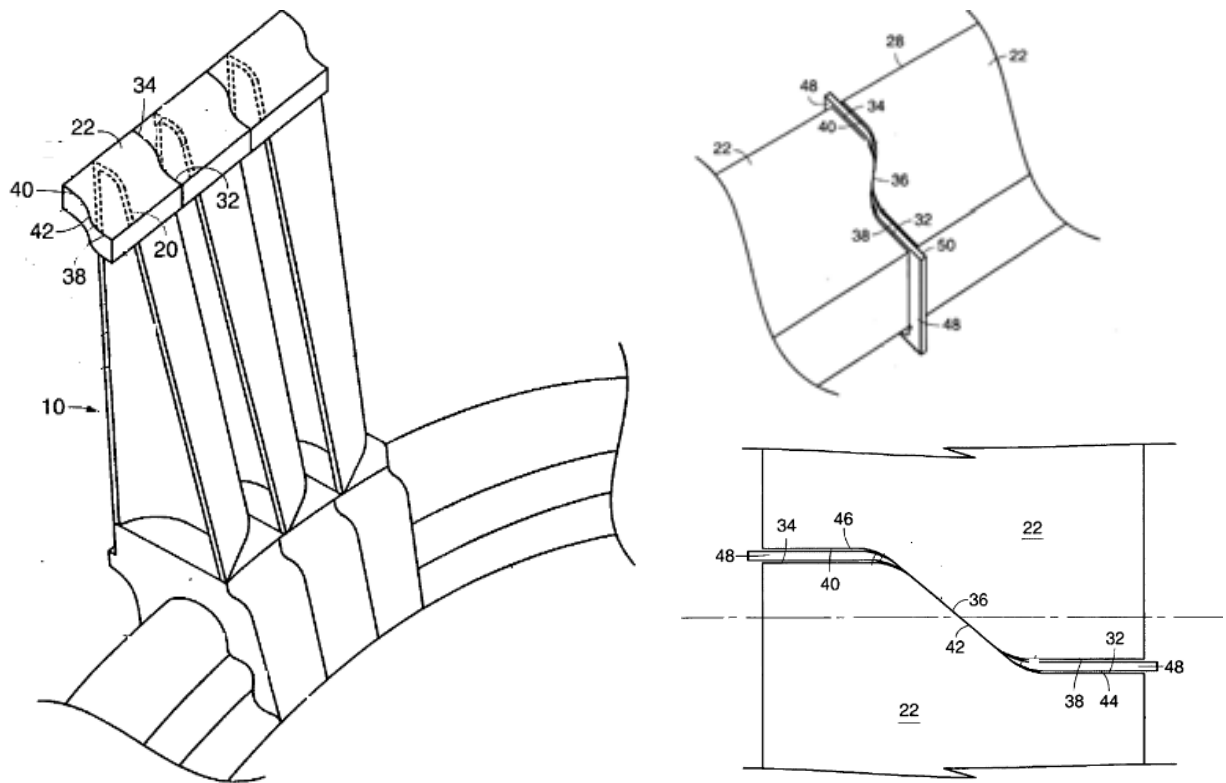


Рисунок 5.18 – Спосіб обробки бандажних полиць лопаток ГТД із застосуванням демпфувального матеріалу наповнювача [53]

В роботі [54] пропонується пропонують використовувати заливку компресорних і турбінних лопаток розплавленою швидкотвердіючою масою для підвищення стабільності умов механічної обробки. Реалізації ідеї здійснюється за допомогою пристрою для заливки лопатки ГТД в брикет, що містить, заливальне камеру, утворену стінками, і установочні елементи, частина яких розташована всередині заливальної камери.

ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Розробка технологічного процесу складна задача, оскільки деталь може бути виготовлена різними способами, при використанні тих чи інших технологічних процесів, з залученням різноманітного обладнання. Тому часто виникає необхідність в прийнятті рішень щодо оптимального вибору. Одним з критеріїв оптимальності є економічна ефективність.

Проведемо порівняння витрат при обробці заготовок на свердлильній операції 75 при використанні вертикально-свердлильного верстата 2P13 або при обробці на свердлильному верстаті з ЧПК 2P135Ф2-1.

Визначення економічної ефективності будемо проводити за наступною формулою:

$$E = (C_1 \cdot N + E\phi \cdot C_1 \cdot n_1) - (C_2 \cdot N + E\phi \cdot C_2 \cdot n_2), \quad (6.1)$$

де C_1 та C_2 – технологічна собівартість обробки однієї заготовки по першому та другому варіанту операції;

$E\phi = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності;

$C_1 = 42\,000$ грн – ціна одного верстата 2P13;

$C_2 = 64\,000$ грн – ціна одного верстата 2P135Ф2-1;

$N = 10\,000$ – річна програма виготовлення деталей;

n_1 та n_2 – число одиниць обладнання для першого та другого варіанту.

Для розрахунку собівартості обробки однієї заготовки по кожному i -му варіанту використовується формула:

$$C_i = (Зр_i + Зн_i + E_i + П_i + I_i + A_i + O_i + P_i) \cdot t_{шт-к}, \quad (6.2)$$

де в дужках стоять норми витрат на одну верстато-хвилину (для спрощення – на одну хвилину норми штучного часу – $t_{шт}$ або $t_{шт-к}$):

– $Зр_i$ – заробітна плата основних робочих;

- $Z_{нi}$ – заробітна плата наладчиків;
- E_i – витрати на електроенергію;
- $П_i$ – витрати на пристосування;
- I_i – витрати на різальний інструмент;
- A_i – амортизація;
- O_i – витрати на обслуговування обладнання;
- P_i – витрати на ремонт обладнання.

Для обробки на верстаті з ЧПК приймемо розряд роботи 4, а для верстата з ручним керуванням – 5. Згідно цих розрядів розраховуємо заробітну плату основних робочих за формулою:

$$Z_p = Z_t + \frac{\eta}{100} = Z_t \cdot K_n, \quad (6.3)$$

де Z_t – тарифна хвилинна заробітна плата робочого (прийнятого у проекті розряду) з урахуванням начислень у діючих на базовому підприємстві розцінках. $Z_{t1} = 6,46$ грн/хв, $Z_{t2} = 5,24$ грн/хв,

K_n – коефіцієнт перевиконання норми;

η – відсоток перевиконання норми;

Відповідно для 5-го та 4-го розрядів отримуємо:

$$Z_{p1} = 6,46 \cdot 1,2 = 7,75 \text{ грн/хв.}$$

$$Z_{p2} = 5,24 \cdot 1,2 = 6,29 \text{ грн/хв.}$$

Наладчик для свердлильної групи верстатів матиме 5 розряд, згідно розряду, за формулою (6.3) розраховуємо його заробітну плату:

$$Z_{н1} = Z_{н1} = 6,46 \cdot 1,2 = \text{грн/хв.}$$

Проводимо розрахунок витрат на електроенергію, за обома варіантами, за формулою:

$$E_{лi} = \frac{\sum N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot C}{60}, \quad (6.4)$$

де $\sum N$ – сумарна потужність електродвигунів верстата;

$K_1 = 0,7$ та $K_2 = 0,7$ – коефіцієнти, що враховують відповідно використання електродвигунів по потужності та по часу;

$C = 2,11$ грн – вартість 1 кВт·ч електроенергії у діючих на даний час розцінках.

$$E_{л1} = \frac{7,7 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 2,11}{60} = 0,13 \frac{\text{грн}}{\text{хв}}$$

$$E_{л2} = \frac{8,5 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 2,11}{60} = 0,13 \frac{\text{грн}}{\text{хв}}$$

Норми витрат по статтях обладнання:

$$A = \frac{\alpha_1 \cdot 1.15 \cdot Ц}{F_d \cdot 60}, \quad (6.5)$$

$$O = \frac{\alpha_2 \cdot 1.15 \cdot Ц}{F_d \cdot 60}, \quad (6.6)$$

$$P = \frac{\alpha_3 \cdot 1.15 \cdot Ц}{F_d \cdot 60}, \quad (6.7)$$

де A – витрати на амортизацію обладнання;

$\alpha_1 = 15\%$ – процентне відрахування від балансної вартості обладнання;

$Ц$ – балансна вартість обладнання;

O – витрати на обслуговування обладнання;

$\alpha_2 = 0.5\%$ – процентне відрахування від балансної вартості обладнання;

$\alpha_3 = 4.5\%$ – процентне відрахування від балансної вартості обладнання;

P – витрати на ремонт обладнання;

$F_d = 4015$ год/рік – дійсний річний фонд роботи обладнання.

Відповідно витрати на амортизацію обладнання:

$$A_1 = \frac{0,15 \cdot 1,15 \cdot 42000}{4015 \cdot 60} = 3,007 \frac{\text{коп}}{\text{хв}},$$

$$A_2 = \frac{0,14 \cdot 1,15 \cdot 64000}{4015 \cdot 60} = 4,583 \frac{\text{коп}}{\text{хв}}.$$

Відповідно витрати на обслуговування обладнання:

$$O_1 = \frac{0,005 \cdot 1,15 \cdot 42000}{4015 \cdot 60} = 0,1 \frac{\text{коп}}{\text{хв}},$$

$$O_2 = \frac{0,005 \cdot 1,15 \cdot 64000}{4015 \cdot 60} = 0,153 \frac{\text{коп}}{\text{хв}}.$$

Відповідно витрати на ремонтобладнання:

$$P_1 = \frac{0,045 \cdot 1,15 \cdot 42000}{4015 \cdot 60} = 0,902 \frac{\text{коп}}{\text{хв}},$$

$$P_2 = \frac{0,045 \cdot 1,15 \cdot 64000}{4015 \cdot 60} = 1,375 \frac{\text{коп}}{\text{хв}}.$$

Оскільки обробка на даній операції здійснюється за чотири переходи (центрування, свердлення, зенкерування, розгортання), то витрати на інструмент визначаються за формулою:

$$I = 0,164 + 0,258 + 0,214 + 0,214 = 0,85 \frac{\text{коп}}{\text{хв}}. \quad (6.8)$$

Відповідно до числа деталей в пристосуванні визначаємо витрати на спеціальне пристосування:

$$- П_1 = 0,0703 \text{ коп/хв};$$

$$- П_2 = 0,0529 \text{ коп/хв};$$

Розраховуємо за формулою (6.2) технологічну собівартість для кожного варіанту операції.

$$C_1 = (7,752 + 7,752 + 0,133 + 0,0703 + 0,85 + 3,007 + 0,100 + 0,902) \cdot 3,5 \\ = 71,984 \text{ коп.}$$

$$C_2 = (6,288 + 7,752 + 0,146 + 0,0529 + 0,85 + 4,583 + 0,153 + 1,375) \cdot 1,5 \\ = 31,8 \text{ коп.}$$

За формулою (6.1) визначаємо економічну ефективність:

$$\Delta = (71,984 \cdot 320 + 0,15 \cdot 42000 \cdot 1) - (31,8 \cdot 320 + \\ + 0,15 \cdot 64000 \cdot 1) = -3171 \text{ грн}$$

Проаналізувавши результати розрахунків можливо зробити висновок, що обробка заготовки вертикально-свердильному верстаті 2P13 є більш економічно обґрунтованим.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Оскільки тема дипломного проекту передбачає розробку технологічного процесу виготовлення деталі «моноколесо» та інших деталей, тому нижче розглянемо потенційні небезпеки, що можуть виникати в процесі роботи на механічній дільниці та заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки у відповідності з методичними вказівками.

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Оскільки тема магістерської роботи «Забезпечення точності і якості виготовлення осьових моноколес високошвидкісним фрезеруванням», тому нижче розглянемо заходи з охорони праці, виробничої санітарії та гігієни праці, пожежної безпеки на ділянці механічного цеху, відповідно до методичних вказівок.

На підставі аналізу роботи існуючого устаткування і технологічних процесів механічної дільниці, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація", виявлені наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники, здатні привести до травм і погіршення здоров'я працівників і завдати шкоди довкіллю. Механічні травми, внаслідок організаційних причин:

- а) порушення положень інструкцій під час обробки деталей можуть призвести до механічних ушкоджень фахівців;
- б) травми і ушкодження шкірного покриву при вантаженні-розвантаженні заготовок і деталей;
- в) ушкодження шкірного покриву рук гострими кромками, задирками на поверхні заготовок, інструменту, устаткування, відходів при роботі без рукавиць;

г) опіки при порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'язких металів без спецодягу;

д) поразка електрострумом, у зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки при використанні електроустаткування, відсутності захисного заземлення;

є) кістково-м'язові порушення, у зв'язку з довгим статичним навантаженням, яке призводить до стомлення, порушення координації рухів, збільшенню помилок, травм (соціальні причини);

ж) нервово-емоційне навантаження, у зв'язку із стресовими ситуаціями, які можуть привести до захворювання загального невротичного характеру і нервовим зривам;

Санітарно-гігієнічні причини:

а) незадовільне освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з виходом з ладу освітлювального устаткування, що може привести до втоми очей;

б) втома очей внаслідок пульсації світлового потоку від ламп типу ДРЛ, яка впливає на погіршення зору при управлінні технологічним процесом і устаткуванням;

в) підвищена запиленість в зоні дихання за відсутності засобів захисту, особливо при обробці крихких матеріалів;

г) підвищений рівень шуму може привести до дратівливості, збільшення помилок;

д) вібрація (локальна) на руки, яка може привести до віброзахворювань;

е) роздратування слизових оболонок верхніх дихальних шляхів можуть викликати мастильно-охолоджувальні технічні засоби (МОТЗ) при порушенні правил безпеки. Аерозоль нафтових олій, які входять до складу СОТС, може також привести до зниження імунобіологічних реакцій.

Психофізіологічні шкідливі чинники:

а) фізичне перевантаження при установці, закріпленні і зніманні великогабаритних деталей;

б) монотонність роботи.

Вірогідність пожежі у зв'язку з несправністю електричного устаткування, не дотримання або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом.

Неправильних дій персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, що може привести до травмування і загибелі людей.

7.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Безпека технологічного устаткування забезпечується правильним вибором принципів дії, конструктивних схем, матеріалів і робочих процесів і відповідає «Технічному регламенту безпеки машин». Обладнання не створює небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

Внутрішнє планування цеху розроблене відповідно до ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення».

Вибраний спосіб планування верстатів на дільниці механічного цеху відноситься до прямого – в порядку технологічних операцій.

При розробці планування передбачається організація проходів, що забезпечують вільний доступ до усіх робочих місць і які є шляхами евакуації власного складу на випадок надзвичайної ситуації.

Відстані між верстатами забезпечують безпечну роботу і обслуговування устаткування.

Площа і об'єм виробничої дільниці забезпечує виконання вимог мінімального об'єму 15 м^3 на одного робітника і мінімальні норми виробничій площі $4,5 \text{ м}^2$ на одного робітника і відповідає вимогам ДБН В.2.2-28:2010

«Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». Передбачені місця для утилізації і поховання промислових відходів.

Плануванням безпосередньо біля робочого місця передбачені місця для зберігання тари із заготовками і готовою продукцією, стелажі для зберігання технологічної документації і інструменту. Для роботи сидячи робоче місце оператора має стілець з регульованим нахилом спинки і заввишки сидіння.

На кожному робочому місці є дерев'яні грати на всю довжину робочої зони, і шириною не менше 0,6 м від частин верстата, що виступають. Зручне розташування інструменту і пристосувань в тумбочках, а заготовок в спеціальній тарі. Використання планшетів для креслення дозволяє понизити втому і виробничий травматизм.

Звільнена тара має бути видалена з робочого місця в спеціально відведене для неї місце. Висота штабелів заготовок на робочому місці вибрана з урахуванням їх стійкості і зручності зняття з них деталей. Вона дорівнює 0,7 м; ширина між штабелями 0,8 м.

Крім того, безпека праці забезпечується:

- використанням в конструкціях технологічного устаткування спеціальних захисних засобів;

- дотриманням ергономічних вимог відповідно ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування»;

- включенням вимог безпеки в технічну документацію по монтажу, експлуатації, ремонту устаткування.

- застосуванням знаків безпеки для попередження про небезпеку відповідно до «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Категорія приміщення механічної дільниці, згідно "Правил облаштування електроустановок" (ПОЕ), глава 5. "Електрообладнання спеціальних установок" – це приміщення з підвищеною небезпекою (сухе, відносна вологість не більше 60%, пил металевий, з температурою – до 30° С, з залізобетонною підлогою).

Відповідно до ПОЕ в електроустановках використовуються такі системи заходів і засобів забезпечення їх безпечної експлуатації: захисне заземлення, ізоляція струмопровідних частин, захисне виключення, мала напруга (42В) для освітлення і живлення електроінструментів, недоступність неізольованих провідників. Заземлення (занулення) і захисні заходи безпеки електроустановок необхідно виконувати відповідно до вимог ПОЕ. Опір самостійного заземляючого пристрою повинен відповідати вимогам підприємства-виготівника апаратури або відомчим нормам, але не повинно бути вищий 40 м. У зв'язку з тим, що усі ці засоби не є універсальними і мають свої переваги і недоліки, то для забезпечення електробезпеки застосовуються не один, а декілька методів одночасно.

Для попередження електротравматизму усе електричне устаткування і інструменти заземлені відповідно до ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1» і перевіряється один раз в 6 місяців. При цьому проводиться зовнішній огляд, перевіряється робота на неодруженому ході не менше 5 хв., вимірюється опір ізоляції, перевіряється справність ланцюга заземлення.

Передбачено обгороджування частин верстатів, що рухаються та представляють небезпеку для людини, відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Захисні пристрої не погіршують стеження за роботою устаткування і максимально захищають від проникнення небезпечних і шкідливих чинників в робочий простір.

Верстат відключається від мережі при зміні робочого інструменту, установці насадок і регулюванні; при перерві в роботі; після закінчення роботи або зміни. Гальмування двигунів після останову приводу здійснене за рахунок кінематичного тертя, тобто мимоволі.

На усіх металорізальних верстатах дільниці є блокування дверей силового устаткування і верстатів з вимикачем струму, щоб при включеному положенні не можна було відкрити дверці, а при відкритих дверцях – не можна було включити устаткування (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин.

Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»).

Блокувальні пристрої виконують фіксацію робочих частин устаткування у відповідному робочому або неробочому положенні. При автоматичному управлінні устаткуванням без участі оператора спрацьовує автоматична сигналізація (звукова або візуальна), яка оповіщає про небезпеку. Передбачені сигнальні знаки "блискавка" на усіх дверцях, кришках, кожухах електроапаратури і чіткі написи, що не стираються, "заземлення" на верстаті біля виведення заземлення.

Клас пожежонебезпечної зони відповідно до ПОЕ – клас П-III. При розміщенні в приміщеннях або на відкритому повітрі поодинокого пожежонебезпечного технологічного устаткування, якщо спеціальні заходи проти поширення пожежі не передбачені, зона в межах до 3м по горизонталі і вертикалі від цього устаткування вважається пожежонебезпечною.

Оболонка з'єднується з основними частинами виробів в єдину конструкцію, закриває небезпечну зону і зніматися тільки за допомогою інструменту.

Не допускається, щоб гвинти (болти) для кріплення токоведучих і частин виробу, що рухаються, і для кріплення його оболонки були загальними.

Відповідно до ПУЕ вид ізоляції устаткування включає:

– робочу ізоляцію – електрична ізоляція токоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу і захист від поразки електричним струмом;

– додаткову ізоляцію – електрична ізоляція, передбачена додатково до робочої ізоляції для захисту від поразки електричним струмом у разі ушкодження робочої ізоляції.

Клас електротехнічних виробів за способом захисту людини від поразки електричним струмом відповідно до ГОСТ 12.2.007.0-75 "Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки" встановлений як клас II.

Захисні заходи безпеки електроустановок будівель виконуються відповідно до вимог глави ПОЕ, ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом». Для підвищення рівня захисту від загоряння при замиканнях на заземлені частини,

коли величина струму недостатня для спрацьовування максимального струмового захисту рекомендується установка УЗО із струмом спрацьовування до 400 мА. УЗО передбачено для захисту від поразки електричним струмом і для захисту від загоряння, воно вимикає як фазний, так і нульовий робочий провідники. У цих випадках захист від надструмів в нульовому робочому провіднику не вимагається.

При використанні електроінструменту передбачені засоби індивідуального захисту від поразки струмом (спеціальні гумові рукавички і спеціальні гумові килимки).

Робітники забезпечені раціональним спецодягом (халат х/б, рукавички х/б) і спеціальним взуттям.

Для захисту шкірного покриву від дії МОР застосовані дерматологічні захисні засоби (профілактичні пасти, мазі, креми).

У цеху, з метою зниження важкої ручної праці, встановлена кран-балка, яка призначена для транспортування пристосувань і переміщення тари з партією заготовок від верстата до верстата.

Підйомно-транспортні засоби, їх кольорове оформлення відповідають «Технічному регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Безпеку підйомних машин в процесі експлуатації підвищують пристрої і прилади безпеки :

- обмежувачі ходу (пересування крану, підйому вантажу);
- пристрої, які забезпечують стійкість крану (обмежувачі вантажопідйомності);
- прилади сповіщення і сигналізації.

Важливою умовою в забезпеченні безпечної роботи кран-балки є надійність гальмівних пристроїв, як механізму підняття вантажу, так і механізму переміщення візка і крану.

Не допускається підняття вантажів з масою що перевищує допустиму за технічними даними крану.

Користування вантажопідіймальними механізмами дозволяється тільки робітником, що пройшов атестацію. Перед роботою з вантажопідіймальними механізмами перевіряється дата випробування вантажопідйомника (термін придатності – один рік).

Ручні візки або електрокари при перевезенні на них поклажі не навантажуються вище вказаної межі, предмети укладаються стійко, а при необхідності прив'язуються до візка.

Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії і гігієни праці відповідають вимогам ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 "Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості і небезпеки чинників виробничого середовища, труднощі і напруженості трудового процесу".

У відповідності ДСанПиН 173-96 "Державних санітарних правил планування і заселення населених пунктів" за наявності шкідливих виробничих чинників встановлюємо четвертий клас виробництва.

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху визначаються за ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень».

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року, передбачено облаштування системи опалювання, поєднаної з припливною вентиляцією, відповідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм

мікроклімату виробничих приміщень". Встановлені опалюючі повітряні завіси біля входу. Застосована центральна система водяного опалювання.

У теплий період часу передбачена природна і механічна вентиляція з поданням повітря на робітника $20 \text{ м}^3/\text{годину}$.

Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці згідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень". При категорії робіт середньої тяжкості температура повітря $17-23^\circ\text{C}$, відносна вологість 75%, швидкість повітря $0,1-0,3 \text{ м/хв.}$, температура повітря на робочому місці $13-24^\circ\text{C}$.

Природного освітлення недостатньо для забезпечення нормальної освітленості робочої зони. Для робочого загального освітлення застосовані в якості джерела світла газорозрядні лампи, які щоб уникнути стробоскопічного ефекту підключені на різні фази електромережі. Враховуючи, що недостатнє освітлення різних зон верстата змушує верстатника близько нахилитися до деталі в процесі її обробки, а також до частин верстата, що обертаються і переміщуються, при його налаштуванні, то передбачена система комбінованого освітлення робочих зон верстата, тобто поєднання загального та місцевого освітлення.

Норми освітленості робочих місць відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення" залежать від характеристики робіт:

- при роботах високої точності комбіноване освітлення – 5000 Лк , загальне – 400 Лк ;
- при точних роботах комбіноване освітлення – 4000 Лк , загальне, - 350 Лк ;
- при роботах малої точності комбіноване освітлення – 350 Лк , загальне – 150 Лк ;

Розрахуємо систему загального рівномірного штучного освітлення в конструкторському бюро.

Приймаємо розміри приміщення довжина $A = 6 \text{ м}$, ширина $B = 4 \text{ м}$, висота $H = 4 \text{ м}$. Висота робочої поверхні складає $h = 0,7 \text{ м}$.

Згідно з ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» освітлення в приміщенні нормуються як $E_n = 200 \text{ Лк}$.

Розряд зорової роботи – III г.

Коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення (від: стелі – ρ_c ; стін – $\rho_{ст}$; підлоги – $\rho_{п}$) у світлому приміщенні $\rho_c=70\%$; $\rho_{ст}=50\%$; $\rho_{п}=30\%$;

Обираємо світильник типу ЛВП (IP=54 – ступінь захисту світильника, $[L/h] = 1,3$ – числове значення коефіцієнта світильника).

Коефіцієнт запасу k_3 враховує зниження рівня освітленості з часом в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення, приймається в залежності від виробничих умов. Приймаємо $k_3 = 1,4$.

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення z (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), для люмінесцентних ламп низького тиску, як правило дорівнює $z = 1,1$.

Розрахуємо кількість рядів світильників у приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot (L/h)} = \frac{4}{(4 - 0,7) \cdot 1,3} = 0,93 \approx 1 \quad (7.1)$$

Визначимо максимально припустиму відстань між рядами світильників:

$$L_{max} = \frac{B}{N_p}, \quad (7.2)$$

де B – ширина приміщення, N_p – кількість рядів

$$L_{max} = \frac{4}{1} = 4 \text{ м.}$$

Розраховуємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{max}}{(L/h)} \quad (7.3)$$

$$h = \frac{4}{1,2} = 3,07 \text{ м.}$$

Знайдемо висоту звисання світильника від стелі:

$$h_3 = H - h_p - h, \quad (7.4)$$

де H – висота приміщення, h_p – висота робочої поверхні, h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

$$h_3 = 4 - 0,7 - 3,07 = 0,23 \text{ м.}$$

Чисельне значення індексу приміщення визначаємо за рівнянням:

$$i = \frac{AB}{h(A + B)}, \quad (7.5)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

$$i = \frac{6 \cdot 4}{3,07 \cdot (6 + 4)} = \frac{24}{30,7} = 0,78.$$

Значення коефіцієнта використання світлового потоку η вибирається в залежності від виду джерела світла, типу обраного світильника, коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення (ρ_c , $\rho_{ст}$, $\rho_{п}$) та індексу приміщення. В нашому випадку $\eta = 0,38$.

Визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установки у даному виробничому приміщенні:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\eta}, \quad (7.6)$$

де Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку, лм;

E_n – нормоване значення освітленості, лк;

S – площа освітлюваної поверхні, m^2 ;

k_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{200 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{0,38} = \frac{7392}{0,38} = 19452 \text{ лм}$$

Визначаємо умовну загальну кількість світильників у приміщенні:

$$N^* = \frac{A \cdot B}{L_{max}^2} \quad (7.7)$$

$$N^* = \frac{6 \cdot 4}{16} = 1,5 \approx 2 \text{ шт.}$$

Розрахуємо світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi_{л}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{л}}, \text{ лм,} \quad (7.8)$$

де Φ_{Σ} – розрахункове значення світлового потоку у приміщенні, *лм*;

$N_{л}$ – загальна кількість ламп у приміщенні, *шт*:

$$N_{л} = N^* \cdot n, \quad (7.9)$$

де n – кількість ламп у світильнику (в ЛВП світильнику – 2 лампи).

$$N_{л} = 2 \cdot 2 = 4.$$

Тоді:

$$\Phi_{л} = \frac{19452}{4} = 4863 \text{ лм.}$$

Обираємо тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи Φ_L і знайти коефіцієнт m (співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи Φ_L^* та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи Φ_L).

Обираємо люмінесцентну лампу ЛБ 65, $\Phi_L = 4800$ лм:

$$m = \frac{\Phi_L^*}{\Phi_L} \quad (7.10)$$

$$m = \frac{4863}{4800} = 1,01.$$

Визначаємо оптимальну (фактичну) кількість світильників у приміщенні:

$$N = N^* \cdot m. \quad (7.11)$$

$$N = 2 \cdot 1,01 = 2 \text{ шт.}$$

Фактична кількість ламп у приміщенні:

$$N_{\text{фл}} = N_{\text{ф}} \cdot n. \quad (7.12)$$

$$N_{\text{фл}} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ шт.}$$

Визначаємо загальну розрахункову освітленість E_p у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп:

$$E_p = \frac{\Phi_L \cdot N_{\text{фл}} \cdot \eta}{S \cdot k_3 \cdot z}, \text{ лк.} \quad (7.13)$$

$$E_p = \frac{4800 \cdot 4 \cdot 0,38}{6 \cdot 4 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = \frac{7296}{36,96} = 197,4 \text{ лк.}$$

Тобто виконується умова $E_p = (-10\% \dots +20\%) \cdot E_n$, лк. Розрахуємо загальну потужність освітлювальної установки:

$$P_{\Sigma} = N_{\text{фл}} \cdot P_{\text{л}}, \text{Вт}, \quad (7.13)$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність вибраної стандартної лампи;

$N_{\text{фл}} = 2 \cdot 2$ шт.

Для штучного освітлення у всіх адміністративно-побутових приміщеннях також застосовуються люмінесцентні лампи (типу ЛБ або ЛД). Ці лампи мають термін експлуатації 10 – 15 тис. годин, економічні, світловий потік – 40-50 лм/Ватт, що в 3-5 разів перевищує світлову віддачу ламп розжарювання. Відповідно до вимог ДБН В. 2. 5. – 28– 2018 «Природне і штучне освітлення» рівень нормованого освітлення залежить від типу роботи, що виконується в приміщенні та становить 200-400 лк.

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не перевищує гранично допустимих концентрацій, вказаних за ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень".

Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку і інфразвуку" рівень звуку на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБа. Так як у механічному цеху рівень шуму лежить в межах норм (<80дБ), застосування індивідуальних засобів захисту і спеціальні заходи не передбачені. При цьому рекомендується перевірка робочих місць і устаткування для встановлення рівня шуму мінімально один раз впродовж року.

Додатковими засобами для забезпечення техніки безпеки є використання робітниками індивідуальних засобів захисту відповідно до ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація». Допустимі рівні ультразвуку в зонах контакту рук і інших частин тіла оператора з робочими органами приладів і установок не перевищують 110 дБ. Для захисту від цієї небезпеки передбачений екран між працівником і установкою, в якості індивідуального захисту працівників навушники.

Рівень вібрації не перевищує значення 25 кГц (ДСН 3.3.6.039-99 "Державні норми виробничої загальної і локальної вібрації"), для цього на кожному робочому місці передбачені спеціальні прокладення під ніжки.

Згідно ГОСТ 12.1.012-90 методів віброзахисту за організаційними ознаками діляться на колективні і індивідуальні.

Колективні методи віброзахисту передбачають такі заходи:

- зменшення вібрації в джерелах її виникнення – усі деталі верстатів і агрегатів, що рухаються, ретельно урівноважені, а для зменшення динамічних сил, які створюють вібрації, деталі змащуються;

- зменшення параметрів вібрації на шляхах її поширення від джерела збудження;

- організаційно-технічні – планово-запобіжний ремонт і контроль за вібраційними параметрами;

- гігієнічні і лікувально-профілактичні.

До засобів індивідуального віброзахисту відносяться рукавиці, що віброгасять, і спеціальне взуття –ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація».

Рівень електромагнітних полів контролюється і визначається перепадом потенціалів на робочому місці. Різниця в перепадах зон які контролюються встановлюється 1 кВ/м (для магнітного поля частотою 50 Гц). Рівень напруженості магнітного поля частотою 50 Гц при постійній дії не повинен перевищувати 1,4 кА/м упродовж робочого дня. Час перебування людини в магнітному полі напруженістю більше 1,4 кА/м регламентується відповідно до ДСанПиН 3.3.6-096-2002 "Державні санітарні норми при роботі з джерелами електромагнітних полів".

Для вимірів в діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц використовуються прилади, призначені для визначення середніх значень щільності потоку енергії, з погрішністю 40% в діапазоні частот 300 МГц – 2 ГГц і 30% в діапазоні частот зверху 2 ГГц.

Відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 "Електромагнітні поля радіочастот. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю" виміру напруженості і щільності потоку енергії ЕМП проводяться не рідше за один раз в рік, а також в наступних випадках:

- при введенні в дію нових установок;

- при внесенні змін до конструкції, розміщення і режиму роботи діючих установок;

- в час і після проведення ремонтних робіт, які супроводжуються зміною випромінюваної потужності;

- при внесенні змін до засобів захисту від ЕМП;

- при організації нових робочих місць.

Виміру напруженості або щільності потоку енергії ЕМП допускається не проводити у випадках, якщо установка не працює в режимі випромінювання на відкритий хвилевід, антену або інший елемент, призначений для випромінювання ЕМП в докільля, і її номінальна потужність, згідно з паспортними даними, не перевищує:

- 2,5 Вт в діапазоні частот від 60 кГц до 3 МГц;

- 400 мВт в діапазоні частот понад 3 МГц до 30 МГц;

- 100 мВт в діапазоні частот понад 30 МГц до 300 ГГц.

На території проекрованої ділянки повною мірою забезпечений захист персоналу від дії електромагнітних полів згідно ДСанПиН 3.3.6-096-2002, ДСН 476-2002 "Державні санітарні норми при роботі з джерелами електромагнітних полів", ДСН 476-2002 "Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів". Засоби захисту використовуються при усіх видах робіт узгоджено ДСанПиН 3.3.6-096-2002 з дотриманням усіх норм і правил.

На спроектованій ділянці і в цеху не використовуються радіоактивні речовини, а також прилади, випромінюючі рентгенівські, іонізуючі і інші небезпечні випромінювання відповідно до норм НРБУ- 97 "Норми радіаційної безпеки України".

7.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи по пожежній безпеці виконані відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

На випадок виникнення пожежі в цеху забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Двері, призначені для евакуації, відкриваються в сторони виходу з будівлі. Переходи, проїзди, евакуаційні виходи передбачені відповідно до вимог згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого виходу без обмежень.

Для миття і знежирення устаткування, виробів і деталей, застосовуються негорючі технічні миючі засоби, а також безпечні в пожежному відношенні установки і способи. Механізми для самозакривання протипожежних дверей утримуються в справному стані. Вогнеперегоржуючі пристрої після закінчення робочого дня закриваються. Регулярно перевіряється справність вогнеперегоржувачів і робиться чистка їх вогнегасячих насадок, а також справність мембранних хлипаків. Терміни перевірки вказані в цеховій інструкції.

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної безпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» механічний цех має II ступінь вогнестійкості.

На дільниці встановлені три пожежні крани з рукавами і брансбойтами. На території цеху передбачені пожежні щити (з розрахунку – один щит на площу 5000 м²), в нім розміщені:

– вогнегасники ОУ- 5 – 3 шт; ящик з піском – 1 шт; покривало з теплоізолюючого матеріалу, що не згорає – 1 шт; багри – 3 шт; лопати – 2 шт; сокири – 2 шт; ломи – 2 шт.

Вуглекислотний вогнегасник призначений для гасіння тільки електроустановок. У електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- усі іскристі частини устаткування вкладені в пилонепроникні ковпаки;
- силова розводка виконана схованою в трубах;
- силова апаратура забезпечена захистом від короткого замикання.

У складському господарстві передбачаються наступні заходи пожежної безпеки :

- чітка організація зберігання матеріальних цінностей, забезпечення вільного доступу до стелажів;
- суворе дотримання правил спільного зберігання матеріалів, хімікатів;
- оснащення складів пожежною сигналізацією і засобами індивідуальної пожежогасінні.

Проектом передбачено облаштування пожежної сигналізації на механічних дільницях і в допоміжних приміщеннях цеху, з урахуванням 1 оповісник на 65 м² площі, який замикається на приймальну станцію пожежної сигналізації типу Т10Л-10/100.

7.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Сили і засоби, які залучаються для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт.

При підготовці РІНР найважливішими заходами є: оцінка обстановки, планування проведення РІНР у вогнищах ураження, прийняття начальником ЦЗ остаточного рішення, організація взаємодії, усебічного забезпечення сил ЦЗ і управління ними.

Основною ланкою, що організовує підготовку і проведення РІНР, є область. Тому в плані ЦЗ області, з урахуванням якого приймається рішення начальником ЦЗ як на мирний, так і на воєнний час, закладається основа угруповання сил ЦЗ області, визначається її чисельність для кожного категорійованого міста і міського району, намічаються всі інші заходи щодо організації рятувальних робіт і ставляться завдання підлеглим силам і ланкам управління. Аналогічно, але більш конкретно і детально плануються створення

угруповань сил і можливий порядок їх дій на заздалегідь визначених ділянках (об'єктах) в містах, сільськогосподарських і міських районах.

Угруповання сил ЦЗ на воєнний час повинне відповідати задуму майбутніх дій і забезпечувати:

- можливість швидкого приведення сил у повну готовність до виконання завдань у найскладніших умовах обстановки;

- своєчасне висування сил до місця проведення рятувальних робіт, швидке їх розгортання і зосередження основних зусиль в інтересах вирішення головних завдань;

- можливість одночасного виконання робіт з максимальним використанням усіх сил і засобів у декількох вогнищах ураження для порятунку потерпілих у найкоротший термін;

- нарощування зусиль за рахунок наступних змін ешелонів і резервів, можливість здійснення маневру силами і засобами в ході робіт;

- захист особового складу;

- стійке управління силами і підтримка взаємодії між ними, а також усебічне забезпечення дій у ході проведення РІНР.

Ядром угруповань сил ЦЗ є військові частини ЦЗ і невоєнізовані формування підвищеної готовності.

Для створення угруповань сил використовуються:

- на ОГ — невоєнізовані формування об'єкта, а також територіальні формування міста (району), формування сільського району (некатегорійованого міста) та інші сили, виділені за рішенням старшого начальника ЦЗ;

- у районі — угруповання сил об'єктів району, територіальні формування району, а також військові частини ЦЗ і Збройних Сил, відомчі, спеціалізовані формування і підрозділи, формування прилеглих районів (сільських) та інші сили, виділені за рішенням старшого начальника ЦЗ для виконання завдань на території даного району;

- у місті без районного поділу угруповання сил ОГ, невоєнізовані територіальні формування міста й області, військові частини ЦЗ, підрозділи і частини військового гарнізону, а також інші сили, що виділяються згідно з планами взаємодії;

- у місті з районним поділом — угруповання сил міських районів і резерви міста;

- в області - угруповання сил категорійованих міст, населених пунктів з категорійованими ОГ, угруповання сил сільських районів і резерви.

Кожне угруповання за своїм складом повинно забезпечувати виконання повного обсягу РІНР у заданому районі (на ділянці, об'єкті).

Для забезпечення безупинного проведення РІНР до повного їх завершення, для нарощування зусиль і розширення фронту рятувальних робіт, а також для заміни сил і засобів угруповання можуть складатися з одного чи двох ешелонів і резерву. Кількість ешелонів визначається обсягом і умовами виконання рятувальних робіт, наявністю сил, а також особливостями їх розміщення в заміській зоні і можливій готовності за часом до виконання завдань у вогнищах ураження. Кожен ешелон може складатися з декількох змін. Для проведення розвідки і забезпечення висування і введення сил у вогнища ураження до складу угруповання включаються розвідувальні підрозділи і формування (загони) забезпечення руху.

При наявності двох ешелонів перший ешелон угруповання сил призначається для негайного (з урахуванням радіаційної обстановки) розгортання рятувальних робіт і ведення їх у високому темпі. З цією метою в перший ешелон включаються найбільш мобільні, добре підготовлені й оснащені сучасною технікою сили, здатні в короткі терміни прибути до вогнища ураження і приступити до робіт. Такими силами є: військові частини і підрозділи ЦЗ; інші військові частини і підрозділи, що виділяються військовим командуванням згідно з планами взаємодії; територіальні та невоєнізовані формування категорійованих міст; формування міських ОГ, які продовжують виробничу діяльність, і невоєнізовані формування підвищеної готовності ближніх некатегорійованих міст і сільських районів.

Другий ешелон призначається для нарощування зусиль і розширення фронту рятувальних робіт в міру спадання рівня радіації, а також для заміни підрозділів і формувань першого ешелону. До складу другого ешелону включаються сили ЦЗ міст і сільських районів, що не ввійшли до складу першого ешелону, частини і підрозділи Збройних Сил і МВС з пізнішими

термінами розгортання і невоєнізовані формування ОГ, які продовжують свою діяльність у заміській зоні.

Військові частини і формування, що входять до складу ешелонів, розподіляються по змінах з дотриманням цілісності їхньої організаційної структури і виробничого принципу. Кількість змін і їх склад визначається залежно від наявності сил і засобів, їх можливостей, радіаційної чи хімічної обстановки на об'єктах робіт, обсягу робіт, транспортних можливостей, наявності комунікацій і необхідного часу прибуття у вогнища ураження. Особливо ретельно визначається склад першої зміни. При її комплектуванні враховується, що техніка (бульдозери, екскаватори, крани, компресорні станції й ін.), яка входить до цієї зміни, при необхідності буде залишена на місцях робіт і передана розрахункам чергової зміни.

Резерви призначаються для вирішення завдань, що раптово виникають у ході проведення РІНР, для нарощування зусиль на найважливіших ділянках і об'єктах з метою скорочення термінів завершення робіт, для заміни чи перекидання сил і засобів на нові ділянки (об'єкти) робіт.

До складу резервів включаються формування некатегорійованих міст та віддалених сільських районів, військові частини і підрозділи, що не ввійшли до складу ешелонів, сили ЦЗ, які виділяються сусідами згідно з планами взаємодії. З початком проведення РІНР сили резерву виводяться у встановлені райони збору в кілька місць заміської зони з таким розрахунком, щоб можна було забезпечити швидке перекидання їх на різні напрямки. В міру використання резерви відновлюються в тому числі і за рахунок сил, виведених з вогнищ ураження після виконання ними поставлених завдань.

Важливе значення має підготовка загонів забезпечення руху. Вони створюються по одному на кожен маршрут введення сил у вогнища ураження і, крім того, один-два резервних у залежності від кількості маршрутів та їх складності і на випадок повторних надзвичайних ситуацій.

До складу загону звичайно включаються механізовані й інженерні підрозділи військових частин і формування ЦЗ, оснащені засобами механізації робіт з прокладання колонних шляхів і по улаштуванню проїздів у вогнищах ураження, локалізації і гасінню пожеж, обладнанню тимчасових переправ,

зnezаражуванню (дезактивації і дегазації) ділянок маршрутів і виконанню інших робіт для забезпечення швидкого й безпечного введення основних сил ЦЗ у вогнища ураження.

На приморських (річкових) маршрутах створюються морські і річкові загони забезпечення руху, які призначаються для забезпечення безперешкодного руху суден з військовими частинами і невоєнізованими формуваннями ЦЗ до вогнища ураження і на підходах до місць (причалів) їх висадки і вивантаження; для локалізації і гасіння пожеж у прибережній зоні, в портах, на пристанях і суднах; для зnezаражування території портів, пристаней й інших місць висадки сил ЦЗ; для розчищення фарватерів і, в окремих випадках, для підготовки пунктів висадки сил на необладнаних ділянках морського (річкового) берега.

Для зручності організації робіт і управління силами територія вогнища ураження чи зони затоплення, виходячи з особливостей місцевості, планування, характеру забудови, а також з урахуванням транспортних можливостей, поділяється на ділянки, які виділяються певним силам ЦЗ для проведення РІНР.

При підготовці до проведення РІНР повинні бути передбачені заходи щодо приведення сил ЦЗ в готовність: доукомплектування формувань особовим складом, дооснащення їх технікою і майном; призначення формуванням і частинам ЦЗ районів розташування (вихідних районів) у заміській зоні. З початком розосередження й евакуації населення ці формування будуть виводитися в складі робочих змін у райони, розташовані за межами зон можливих руйнувань категорійованих міст.

Райони розташування повинні забезпечувати:

- розміщення формувань в їх організаційній цілісності;
- можливість швидкого збору і виступу в потрібному напрямку;
- сприятливі санітарно-епідемічні умови.

Небезпека раптового виникнення стихійних лих і можливість швидкої і різкої зміни обстановки ставлять високі вимоги до керування силами ЦЗй у мирний час. На підставі даних розвідки й оцінки обстановки начальники ЦЗ приймають чи уточнюють раніше прийняті рішення, визначають необхідні сили і засоби, висувають їх у райони стихійних лих (у місця аварій) і організують

там РІНР. Склад угруповань сил може бути різним, він визначається видами і масштабами стихійних лих і аварій, наявністю сил і засобів, характером і обсягом розв'язуваних завдань, а також особливостями місцевих умов. Ці угруповання можуть включати невоєнізовані формування різного призначення, військові частини ЦЗ, частини і підрозділи збройних сил, а також відомчі спеціалізовані формування.

Характер, обсяг і способи ведення робіт залежать від виду, причин виникнення, масштабів і тривалості стихійних лих і аварій, ступеня впливу їх наслідків на навколишнє середовище і населення, а також від наявності і підготовленості сил ЦЗ, від погоди, часу доби, пори року й інших факторів.

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на магістерську роботу розглянуті питання забезпечення точності і якості осьових моноколів авіаційних двигунів високошвидкісним фрезеруванням. Детально розроблений технологічний процес виготовлення деталі «моноколесо». Вибрана заготовка. Призначені припуски на заготовку. Розраховані режими різання і технічні норми часу, які визначені за рекомендаціями нормативних документів. Розроблені операції фрезерування, свердління та точіння на верстаті з ЧПК з використанням модуля NX CAM системи Siemens NX. Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектване верстатне пристосування, яке дозволяє швидко і надійно закріпити заготовку під час обробки, що в умовах серійного виробництва дуже важливо.

В роботі розглянуті можливості по автоматизації слюсарних операцій. Використання автоматизованих слюсарних операцій підвищить продуктивність і якість слюсарних операцій, знизить вплив людського фактору і вірогідність появи браку.

У частині з охорони праці приведена повна характеристика ділянки механічної обробки з точки зору безпеки проведення робіт, проведена характеристика за ступенем пожежної безпеки, виконаний план евакуації з адміністративних приміщень цеху.

В розділі спецзавдання розглянуті забезпечення точності і якості осьових моноколів авіаційних двигунів високошвидкісним фрезеруванням. Застосування спеціальних методик по збільшенню жорсткості тонкостінних елементів моноколів, дозволить підвищити якість високошвидкісного фрезерування і знизить процент доводочних операцій.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення деталі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Руденко, П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб. Пособие / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач; Под. общ.
2. ГОСТ 7829-70 «Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые на молотах»
3. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування (розділ – проектування технологічних процесів) для студентів спеціальностей / Укл. В.Д. Хорошков, О.В. Олексєнко, Д.В. Павленко – Запоріжжя, ЗДТУ, 1999 р. – 78 с.
4. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник [Текст] / В. И. Баранчиков и др.; под. общ. ред. В. И. Баранникова. М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
5. Справочник технолога машиностроителя: в 2 т. / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков [и др.]; под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.: ил.
6. Справочник технолога-машиностроителя / под.ред. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985, т.2 – 665 с.
7. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. для машиностр. спец. вузов / Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; под. ред. В.А. Тимирязева. – М.: Высш. шк., 2004. – 272 с.: ил.
8. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник / Я.Л. Гуревич, М.В. Горохов и др. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 240 с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 1 Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 210 с.

10. Богуслаев, В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов.— Запорожье: Мотор Сич, 2000. — 430 с. — ISBN 966-7108-22-8.

11. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 2004. — 784 с.

12. Безъязычный, В. Ф. Автоматизация слесарных операций: Учебное пособие / В. Ф. Безъязычный, Ю. К. Чарковский, А. В. Толкачев, В. А. Непомнящий. — Рыбинск: РГАТА, 2008. — 106 с.

13. Куклев Л.С. Оснастка для обработки нежестких деталей высокой точности / Л.С. Куклев, М.М. Тазетдинов. — М.: Машиностроение, 1978. — 104 с.: ил.

14. Богуслаев А. В. Обеспечение несущей способности лопаток осевых моноколес высокоскоростным фрезерованием / А. В. Богуслаев, А. Я. Качан, С. В. Мозговой, Г. В. Карась, В. А. Панасенко // Вестник двигателестроения. — 2006. — №2. — С. 17-19.

15. Качан А. Я. Отделочно-упрочняющие технологии обработки лопаток моноколес современных газотурбинных двигателей / А. Я. Качан, А. В. Богуслаев, Д. В. Павленко, С. В. Мозговой // Вестник двигателестроения. — 2010. — №1. — С. 81-90.

16. Hawlena J. The analysis of changes in exploitation characteristics of the world civil aviation/ J. Hawlena, M. Mindur // Logistics and Transport No. 2 (9) (2009) 17-22.

17. Hurk P. Het hogesnelheidsverspanen van aluminium (in Dutch) /P. Hurk //MB Produktietechniek, Vol. 64 No. 1/2 (1998) 10-15.

18. Makino-USA [Электронный ресурс], Thin Wall Machining, — Режим доступа: <http://www.makino.com/about/article/10-1-02/Thin_Wall_Machining>, 2010 (accessed 10th April 2010).

19. Барахтенко Е.А. Минимизация поводок тонкостенных авиационных деталей на основе дискретного моделирования: автореф. дис. на соискание начн. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.08 «Технология машиностроения» / Е.А. Барахтенко. — Иркутск, 2010. — 20 с.

20. Лицов А.Е. Разработка расчетного метода определения технологических условий концевого фрезерования мало жестких сложнопрофильных деталей с учетом их деформаций [Электронный ресурс]: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Лицов Алексей Евгеньевич. – М.: РГБ, 2005. – 156 с.

21. Опитц Г. Современная техника производства. Пер. с нем. / Г. Опитц. – М. Машиностроение, 1975 г. – 280 с.

22. Tongyue W. Stability of milling of thin-walled workpiece/ W. Tongyue, H. Ning and L. Liang//, International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (MACE) (2010) 3408-3411.

23. Arnaud L. Simulation of low rigidity part machining applied to thin-walled structures/ L. Arnaud, O. Gonzalo, S. Seguy, H. Jauregi, G. Peigné// International Journal Adv. Manuf. Technology 54 (2011) 479–488.

24. Herranz S. The milling of airframe components with low rigidity: A general approach to avoid static and dynamic problems / S. Herranz, F. J. Campa, L. N. López, A. Rivero, A. Lamikiz, E. Ukar, J. A. Sánchez, U. Bravo// Int J Mach Tools Manuf 45:1669– 1680.

25. Kaufeld M. Hochgeschwindigkeitsfräsen und Fertigungsgenauigkeit dünnwandiger Werkstücke aus Leichtmetallguss / M. Kaufeld. –München: Carl Hanser Verlag, 1988. – 261 s.

26. Болотов М.А. Компьютерное моделирование деформаций заготовки в процессе фрезерной обработки / М.А. Болотов, А.Н. Жидяев, А.В. Кузнецов, О.С. Сурков, Д.Е. Яшин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – т. 13. – №4. – С. 170-177.

27. Капшунов В.В. Повышение виброустойчивости и производительности концевого фрезерования способом модуляции скорости резания: Дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Капшунов Вячеслав Викторович. – Чита, 2003. – 192 с.

28. Andrae P. Hochleistungserschpannung von Aluminiumknetlegierungen. Diss. TU / Andrae Philipp. – Hannover, 2002. – 142 s.

29. Ефимова М.Г. Основы аэродинамики и летно-технические характеристики воздушных судов, часть 1: Учебное пособие / М.Г. Ефимова, В.Г. Ципенко. – М.: МГТУГА, 2009. – 64 с.

30.Elbestawi M. A. Dynamics modelling for the prediction of surface errors in the milling of thin-walled sections/ M. A. Elbestawi and R. Sagherian//, Journal of Materials Processing Technology 25 (1991) 215-228.

31.D. Lohitha, A finite element method for ring rolling processes, PhD. Thesis, Ohio University, (1998).

32.Пат. 2287409 С2 Российская Федерация, МПК В 23 С 3/18 В23Р 15/02 F01D 5/02. Способ изготовления моноблочного лопаточного колеса ротора и колеса / Буржи Жоэль, Давид Жан-Пьер Андре Денни, Деррьерен Стефан Жан-Даниель Морис, Тьерри Жан; заявитель и патентообладатель Снекма Мотер. – № 2002122726/02; заявл. 22.08.2002; опубл. 20.11.2006, Бюл. № 32. – 12 с.: ил.

33.Herranz S. The milling of airframe components with low rigidity: a general approach to avoid static and dynamic problems / S Herranz, E Ukar, F J Campa, J A Sánchez, A Rivero, U Bravo, A Lamikiz, L N López de Lacalle // Proceeding of the institute of mechanical engineers . Part B. Journal of engineering manufacture. – 2005. – Vol. 219. – pp. 789-801.

34.Качан, А.Я. Технология обработки моноколес высокоскоростным фрезерованием / А.Я. Качан, С.А. Петров, В.А. Панасенко, С.В. Мозговой, Г.В. Карась // Оборудование и инструмент – 2006. – №2 (75). – С. 26-32

35.Новожилов Э.Д. Приспособления в единичном производстве. - М.: Машиностроение, 1983. - 69 с. Стр.58

36.Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления/ Б.Н. Вардашкин В.В. Данилевский: Справочник. В 2-х т., Т.2. - М.: Машиностроение, 1984. - 656 с. Стр. 500-501, рис 115

37.Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 303 с. Стр.83-84

38.ГОСТ 1559-67. Подпорки винтовые для станочных приспособлений. Конструкция

39.Черпаков Б.И. Технологическая оснастка: учебник для учреждений сред. проф. образования. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 288 с. Стр 36-37, 40

40. Пат. 128545. Российская Федерация, МПК8 В23Q3/00. Устройство для снижения вибраций нежесткой заготовки, обрабатываемой фрезерованием [Текст]/ Болсуновский С.А. (RU), Вермель В. Д. (RU), Губанов Г. А. (RU), Леонтьев А. Е. (RU), Чернышев Л. Л. (RU); заявитель и патентообладатель - Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского" (ФГУП "ЦАГИ") (RU) – 2012133804/02; заявл. 08.08.2012; опубл. 27.05.2013

41. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / И.Г. Жарков. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1986. – 184 с.

42. Кедров С. С. Колебания металлорежущих станков / С. С. Кедров. – М.: Машиностроение, 1978. – 198 с

43. Кирилин Ю.В. Совершенствование несущих систем фрезерных станков на основе их моделирования и расчета динамических характеристик: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01 / Кирилин Юрий Васильевич – Ульяновск, 2009. – 345 с.

44. Свинин В.М. Управление регенеративными автоколебаниями при фрезеровании на основе модуляции скорости резания: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01 / Свинин Валерий Михайлович. – Иркутск, 2008. – 342 с.

45. Куклев Л.С. Фрезерование нежестких листовых деталей на станках с ЧПУ / Л.С. Куклев // Станки и инструмент. – 1980. – №8. – С. 26-27.

46. Непомнящий А.Л. Торцовое фрезерование плоскостей нежестких деталей / А.Л. Непомнящий // Станки и инструмент. – 1976. – №3. – С. 12-13.

47. Пат. 2261782 С1 Российская Федерация, МПК7 В 23 С 3/18. Способ закрепления лопаток газотурбинных двигателей и устройство для его осуществления / Полетаев В.А. Гушин Ю.Н.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Научно-производственное объединение "Сатурн". – № 2003138202/02; заявл. 31.12.2003; опубл. 10.10.2005, Бюл. № 28. – 9 с.: ил.

48. Пат. 2300447. Российская Федерация, МПК8 В23С3/18. Способ изготовления моноколес или крыльчаток газотурбинных двигателей (ГТД) [Текст]/ Захаров О. Г. (RU), Лунев А. Н.(RU), Жуков В. К. (RU), Стариков А. В. (RU); заявитель и патентообладатель – Открытое акционерное общество

"Казанское моторостроительное производственное объединение" (RU) – № 2005107500/02; заявл. 10.03.2005; опубл. 10.06.2007

49. Пат. 1313574. СССР, МПК8 В23В29/02. Виброгаситель для обработки тонкостенных деталей [Текст]/ Соколов С.И., Смоляков А.П.; заявитель и патентообладатель – Соколов С.И., Смоляков А.П. – 3986016/25-08; заявл. 16.10.1985; опубл. 30.05.1987.

50. Пат. 101912990А. China, МПК8 В23С3/00; В23Q11/00. Method for milling and vibration-damping blisk / Hu Xiaoqun; Li Jiayong; Yue Zhaoqi; Lu Chengyu; Han Deyin; Yang Jian; заявитель и патентообладатель - Shenyang Liming Aero-Engine (Group) Corporation Ltd. – 201010237581; заявл. 2010.07.27; опубл. 2010.12.15

51. Пат. 2014388. UK, МПК В21D53/78; F01D5/16; В21D53/00; F01D5/14. Aerofoil for a turbomachine with a damping filler and method of manufacturing thereof [Текст]/ Goldfinch Keith Christopher [GB]; Mackechnie-Jarvis Julian [GB]; Strother Oliver Michael [GB], заявитель и патентообладатель - ROLLS ROYCE PLC [GB] – EP20080011079 заявл. 2008.06.18; опубл. 2009.01.14

52. Пат. 2010074704. US, МПК В23С3/18; В23Р15/006; F01D5/26; F01D5/34; В23С2215/44; В23С2240/21; В23С2250/16; F05D2230/10; F05D2230/50; F05D2260/96. Method of manufacturing and refinishing integrally bladed rotors/ Rozic Marjan [DE]; Nowak Dariusz [US]; Waszczuk Derek [US], заявитель и патентообладатель - mtu aero engines gmbh [DE] – US20080234961, заявл. 2008.09.22, опубл. 2010.03.25

53. Пат. 02052126 US, МПК В24В19/14; F01D5/22. Method of reducing burr formation during turbine bucket cover machining / Roberts Dennis William; Caruso David Allen; Pelech Joseph Michael; Ryan Kiernan Francis; Williams John Clifton, заявитель и патентообладатель - Gen Electric [US] – 2001US48142, заявл. 2001.12.07, опубл. 2002.07.04

54. Пат. 87382. Российская Федерация, МПК В23Р15/02. Устройство для заливки лопатки газотурбинного двигателя в брикет [Текст]/ Кузин И. В. (RU), Савельев Н. Б. (RU; заявитель и патентообладатель – Открытое акционерное общество "Научно-производственное объединение "Сатурн" (RU) – № 2009117312/22; заявл. 06.05.2009; опубл. 10.10.2009.

Серія	Лист	Лист	Додаток А Обозначення	Найменування	Кол.	Примечание
				Документація		
А1			НУЗП 293144.008 СК	Складальне креслення	1	
				Складальні одиниці		
		1		Пневмоциліндр	1	
		2		Система підведення повітря	1	
				Деталі		
		3		Диск установочний	1	
		4		Прижим	1	
		5		Втулка	1	
		6		Диск	1	
		7		Планшайба	1	
		8		Кільце	1	
		9		Тяга	1	
		10		Стяжна муфта	1	
				Стандартні вироби		
		11		Гвинт М4 х 10 ГОСТ ИСО 4762-2012	3	
		12		Гвинт М8 х 20 ГОСТ ИСО 4762-2012	6	
		13		Гвинт М16 х 50 ГОСТ Р ИСО 4762-2012	3	
НУЗП 293144.008						
Конт. Лист	№ докум.	Лист	Дата	Пристосування для токавної обробки Група Мз-118м		
Розроб	Шимаренко Н.В.	Лист	Дата			
Проб	Лисенко В.О.	Лист	Дата			
Нісентр	Степанов Д.В.	Лист	Дата			
Шаб	Шабін С.І.	Лист	Дата			

156		ДОДАТОК В		Наименование	Кол.	Примечание
Элемент	Знач	Год	Обозначение			
				Документация		
А1			МУЗП 401386.008 СК	Складальне креслення		
				Деталі		
	1			Плита	1	
	2			Стирка	2	
	3			Планка	4	
	4			Штир	2	
	5			Ніжка	2	
	6			Сухарик	2	
	7			Втулка	2	
	8			Шайба	2	
	9			Шпилька	2	
	10			Кільце	1	
	11			Ручка	2	
				Стандартні вироби		
	12			Винт М6х12 ГОСТ 14.76-64	2	
	13			Винт М6х12 ГОСТ 14.91-62	12	
	14			Винт М8х32 ГОСТ 14.731-69	2	
	15			Винт М6х25 ГОСТ 14.731-69	2	
	16			Гайка 2-М12 ГОСТ 14.732-69	2	
МУЗП 401386.008						
Мен. Лист	№ докум.	Год	Дата	Пристрій для контролю біття		Група Мз-118М
Розроб.	Дизайнер	МЗ	2014	Лист	Лист	Листов
Проб.	Листов	В.І.	2014	1	2	2
Нормат.	Специфік.	Д.І.	4.1.2			
Мод.	Лист	С.І.	4.2.3			
Копія				Формат А4		

